Raissa Rachel Salustriano da Silva-Matos
Fernando Freitas Pinto Júnior
Jonathas Araújo Lopes
(Organizadores)

Investigación, tecnología e innovación EN CIENCIAS AGRÍCOLAS 4

Ano 2022

Raissa Rachel Salustriano da Silva-Matos
Fernando Freitas Pinto Júnior
Jonathas Araújo Lopes
(Organizadores)

Investigación, tecnología e innovación EN CIENCIAS AGRÍCOLAS 4

Ano 2022

Editora chefe
Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Editora executiva
Natalia Oliveira
Assistente editorial
Flávia Roberta Barão
Bibliotecária
Janaina Ramos
Projeto gráfico
Bruno Oliveira
Camila Alves de Cremo
Luiza Alves Batista
Natália Sandrini de Azevedo
Imagens da capa
iStock
Edição de arte
Luiza Alves Batista

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

CIÊNCIAS
AGRÁRIAS

Atena
Editora
Ano 2022

Investigación, tecnología e innovación en ciencias agrícolas 4

Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Yaiddy Paola Martinez
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores
Organizadores: Raissa Rachel Salustriano da Silva-Matos
Fernando Freitas Pinto Júnior
Jonathas Araújo Lopes

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

I62 Investigación, tecnología e innovación en ciencias agrícolas 4 / Organizadores Raissa Rachel Salustriano da Silva-Matos, Fernando Freitas Pinto Júnior, Jonathas Araújo Lopes. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2022.

Formato: PDF
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
Modo de acesso: World Wide Web
Inclui bibliografia
ISBN 978-65-258-0617-4
DOI: https://doi.org/10.22533/at.ed.174221110

1. Ciencias agrícolas. I. Silva-Matos, Raissa Rachel Salustriano da (Organizador). II. Pinto Júnior, Fernando Freitas (Organizador). III. Lopes, Jonathas Araújo (Organizador). IV. Título.

CDD 338.1

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná – Brasil
Telefone: +55 (42) 3323-5493
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.

DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access, desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce,* ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.

APRESENTAÇÃO

A agronomia desde os tempos remotos atua como uma área de conhecimento que além de ampla, é necessária para o desenvolvimento econômico e social. Desse modo, a pesquisa e inovação nos segmentos que fazem parte do setor agrário são indispensáveis para promover um melhor desempenho no futuro.

Nos últimos anos, a inclusão da tecnologia tem impulsionado a grade de estudo no campo das ciências agrárias. Tal avanço, evidentemente, permitiu que novas técnicas e melhorias chegassem até produtores, de forma a garantir um novo cenário, a fim de aliar produtividade e rendimento econômico.

As ciências agrárias, em sua totalidade, agrupam um conjunto de conhecimentos que permitem uma melhor utilização dos recursos naturais. Assim, este livro intitulado "ORGANIZACIÓN, INVESTIGACIÓN, TECNOLOGÍA Y INNOVACIÓN EM CIENCIAS AGRÍCOLAS 4" tem como finalidade abranger uma série de estudos focados em apresentar métodos e tecnologias para impulsionar os processos agrícolas já existentes, desde técnicas no campo e laboratório.

Os temas aqui abordados refletem estudos de artigos científicos e revisões bibliográficas, de maneira a reunir informações precisas e fundamentais para uma estratégia de aproveitamento dos recursos naturais. Nesse sentido, ao longo da obra são apresentados 10 trabalhos que objetivam imergir o (a) leitor (a) dentro de um panorama agronômico.

Espera-se que este estudo permita ao presente leitor (a) a possibilidade de conhecer novos mecanismos de pesquisa para fins agropecuários, além de agregar mais conhecimento e um novo olhar sobre a importância da tecnologia no meio agrário.

Raissa Rachel Salustriano da Silva-Matos

Fernando Freitas Pinto Júnior

Jonathas Araújo Lopes

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1

ACTIVIDAD ANTIMICROBIANA DE NANOPARTÍCULAS DE PLATA OBTENIDAS POR VIA BIOLÓGICA CONTRA HONGOS FITOPATÓGENOS

Data de aceite: 03/10/2022

Gabriela Lucero Cuatra-Xicalhua
Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Universidad Veracruzana
Amatlán de los Reyes, Veracruz, México
https://orcid.org/0000-0003-4489-7342

Diana Alexandra Calvo Olvera
Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada. Instituto Politécnico Nacional. Querétaro, México
https://orcid.org/0000-0003-4481-0729

Norma Gabriela Rojas-Avelizapa
Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada. Instituto Politécnico Nacional. Querétaro, México
https://orcid.org/0000-0001-5349-4612

Paul Edgardo Regalado-Infante
Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Universidad Veracruzana
Amatlán de los Reyes, Veracruz, México
https://orcid.org/0000-0003-2420-9856

Daniel Tapia Maruri
Centro de Desarrollo de Productos Bioticos. Instituto Politécnico Nacional. Morelos, México
https://orcid.org/0000-0002-5468-5012

Ricardo Serna Lagunes
Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Universidad Veracruzana
Amatlán de los Reyes, Veracruz, México
https://orcid.org/0000-0003-1265-9614

Luz Irene Rojas-Avelizapa
Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Universidad Veracruzana
Amatlán de los Reyes, Veracruz, México
https://orcid.org/0000-0003-2224-3663

RESUMEN: El objetivo principal de la presente investigación fue evaluar la actividad antimicrobiana de las nanopartículas de plata (AgNP) sintetizadas por *Paecilomyces sp* sobre 22 aislados fúngicos que fueron obtenidos de diferentes frutos con síntomas de enfermedad, éstos fueron aislados, purificados e identificados utilizando diferentes claves taxonómicas y atlas ilustrados. La síntesis de las AgNP se realizó cultivando al hongo en un medio con peptona, extracto de levadura y caldo dextrosa y papa durante 48 h. La síntesis de las nanopartículas fue evidenciada por espectrofotometría UV-visible (320 a 460 nm). La actividad antimicrobiana de las AgNP se evaluó *in vitro* contra los siguientes géneros de hongos: *Alternaría, Fusarium, Colletotrichum* y *Epicocum.* La solución madre de AgNP contenía 1500 ppm y los bioensayos se realizaron diluyéndola 3, 5 y 10 veces, de tal forma que las concentraciones utilizadas fueron de 500, 300 y 150 ppm. El porcentaje de inhibición del crecimiento micelial obtenido fue del 60 y 80% utilizando la relación más alta (1:3, 500 ppm) a las 72 horas, frente a las dos relaciones utilizadas primero (1:5 y 1:10), que no favorecieron la inhibición del crecimiento micelial.

PALABRAS CLAVE: Bioensayos, actividad antimicrobiana, nanopartículas de AgNP.

ANTIMICROBIAL ACTIVITY OF BIOLOGICALLY OBTAINED SILVER NANOPARTICLES AGAINST PHYTOPATHOGENIC FUNGI

ABSTRACT: The main objective of this research was to test the antimicrobial activity of silver nanoparticles (AgNP) synthesized by *Paecilomyces sp* on 22 fungal isolates obtained from different fruits with disease symptoms, which were isolated, purified and identified. using different taxonomic keys and some illustrated atlases. The synthesis of the nanoparticles was carried out by growing the fungus in a formulated medium based on peptone, yeast extract and potato dextrose broth, and incubating it for 48 hours. The production of the nanoparticles was evaluated by UV-visible spectrophotometry (320 to 460 nm). The antimicrobial activity of the AgNP was evaluated *in vitro* against fungi isolated from different samples, which included the genera: *Alternaria, Fusarium, Colletotrichum and Epicocum*. The AgNP stock solution contained 1500 ppm and the bioassays were made by diluting it 3, 5 and 10 times, in such a way that the concentrations used were 500, 300 and 150 ppm. The percentage of mycelial growth inhibition obtained was 60 and 80% using the highest ratio (1:3, 500 ppm) at 72 hours, compared to the two ratios used first (1:5 and 1:10), which did not favor the inhibition of mycelial growth.
KEYWORDS: Bioassays, antimicrobial activity, AgNP nanoparticles.

1 | INTRODUCCIÓN

En la agricultura los agentes que provocan graves pérdidas en la producción de los cultivos son las plagas y enfermedades causados por microorganismos que afectan a la planta durante su desarrollo y al fruto durante la postcosecha. Del total de los frutos y vegetales cosechados en el mundo, entre el 20-25% sufren deterioro debido a la invasión de patógenos durante el manejo postcosecha (Sharma *et al,* 2009). Estos microorganismos producen micotoxinas, que pueden llegar a ser perjudiciales, aun cuando se encuentren en concentraciones muy bajas, poniendo en entredicho su inocuidad. Así, un 25% de las cosechas de alimentos a nivel mundial están contaminadas con algún tipo de micotoxinas, lo cual representa un fuerte riesgo para la salud de la población de países importadores de alimentos que no controlan estos contaminantes. Al respecto, varios hongos han sido caracterizados como causantes del deterioro patológico siendo los géneros más comunes *Alternaria, Botrytis, Diplodia, Monilinia, Penicillium, Colletotrichum, Phomopsis, Fusarium, Rhizopus* y *Mucor* (Fhia, 2007), los cuales afectan el aspecto físico, valor nutricional, características organolépticas y dificulta la conservación, provocando además alergias e intoxicaciones en los consumidores.

2 | ANTECEDENTES

2.1 Control de enfermedades de las plantas

Los métodos de control varían considerablemente de una enfermedad a otra, dependen del patógeno, del hospedante y de la interacción que se establece entre

ambas. Los distintos métodos de control pueden clasificarse como reguladores, culturales, biológicos, físicos y químicos. En 1878, en Europa fue introducida una enfermedad conocida como mildiu velloso de la vid, Millardet en 1885, llegó a la conclusión de que una mezcla de sulfato de cobre y cal hidratada podía controlar al mildiu; a esa mezcla se le denominó "caldo bórdeles", posteriormente se comprobó que este tenía un éxito notable en el control de los mildius vellosos y otras enfermedades del follaje de las plantas. Los métodos de control físico y químicos ayudan a proteger a las plantas contra el inóculo del patógeno y curar una infección que ya está en desarrollo (Agrios 2005). En 1934, se descubrió el primer fungicida de ditiocarbamatos (tuíram), el cual llevó al desarrollo de una serie de fungicidas eficaces y ampliamente utilizados, como el ferbam, z neb y maneb. En 1963, se descubrieron nuevas razas de patógenos resistentes a varios fungicidas.

2.2 Importancia de la nanotecnología y uso de las AgNP como agente bactericida

La aplicación de la nanotecnología en la agricultura es una alternativa más afable con el medio ambiente, sobre todo para el control de insectos y plagas, que los métodos con agroquímicos sintéticos que tantos problemas medioambientales han generado. Normalmente, para el control de enfermedades, se recurre al uso de fungicidas o agroquímicos sintéticos (AQS), los cuales ocasionan un severo impacto en los humanos y al ecosistema (Lira-Saldivar *et al*., 2008). Por ello, se requieren nuevos productos orgánicos y biológicos, u otras innovaciones tecnológicas que sean inocuas, de bajo impacto ambiental y que no permitan el desarrollo de resistencia por los patógenos. En este contexto, las AgNP son agregados de átomos de plata (Ag^0) con medidas de 1 a 100 nm de diámetro. Los agregados de átomos de plata presentes en una AgNP crecen adoptando diversos tamaños y formas (esférica, triangular, plana y tubular) dependiendo de las condiciones de síntesis (Sandoval-Cárdenas 2013). La característica principal de las AgNP es que son eficientes absorbiendo y dispersando la luz, debido a la resonancia localizada del plasmón de superficie (LSPR por sus siglas en ingles). Para la síntesis de nanopartículas de plata existen métodos químicos, físicos y biológicos, siendo los más comunes los químicos. La síntesis biológica ha surgido como una nueva opción, acorde con la necesidad de utilizar métodos de síntesis más amigables con el medio ambiente. Dicha biosíntesis involucra el empleo de microorganismos (bacterias, levaduras y hongos) o de extractos de plantas para lograr la reducción de varios tipos de iones metálicos (Sastry *et al*., 2003). Uno de los métodos biológicos que está adquiriendo relevancia, es la producción de las nanopartículas de plata sintetizadas por hongos. Se plantea que el efecto biocida de los iones plata interaccionan fuertemente con los grupos tiol de enzimas vitales, provocando su inactivación. Se ha reportado que los iones de plata provocan cambios estructurales irreversibles en la membrana celular de las bacterias, afectando drásticamente sus funciones como permeabilidad y respiración (Morones *et al*. 2005). Aunque se ha planteado

que las nanopartículas de plata pueden actuar de una manera similar a la plata iónica, hay indicios de que el efecto biocida que producen cada uno de ellos es distinto. De acuerdo con Morones et al. (2005), los iones de plata producen una región de baja densidad en el centro de la bacteria. Este efecto se debe a que el microorganismo agrupa y protege su ADN como mecanismo de defensa contra compuestos tóxicos. Se ha reportado que entre más pequeña es la partícula, mayor es la superficie de contacto, y por lo tanto mayor es el poder bactericida. Morones et al en 2005 encontró que las partículas de 1-10 nm presentan una mayor interacción con la membrana celular bacteriana, también observaron que las nanopartículas de plata de forma triangular tienen un mayor efecto bactericida en comparación con aquellas de formas esferoidal y cilíndrica. Lo anterior puede encontrar explicación en el hecho de que las nanopartículas triangulares presentan planos cristalinos preferentemente y se ha demostrado que en este tipo de planos existe una mayor densidad atómica, lo que favorece la reactividad (Aguilar-Méndez, M. 2007). De acuerdo con Sondi y Salopek-Sondi (2004), la inhibición bacteriana depende también de la concentración de nanopartículas de plata y de la cantidad de microorganismos presentes.

El efecto de nanopartículas de plata sobre hongos ha sido poco estudiado. Kim *et al.* 2009, observó que las nanopartículas de plata pueden retrasar el crecimiento del hongo *Raffaelea sp.*, además de que la velocidad de crecimiento se reduce al aumentar la concentración de las nanopartículas.

La síntesis de las nanopartículas por vía biológica representa una nueva opción ya que involucra el empleo de microorganismos para lograr la reducción de los iones metálicos por vía enzimática, ya sea intra o extracelularmente. Con base en estos antecedentes, el presente trabajo tuvo como objetivo fundamental a) aislar hongos fitopatógenos de muestras de frutos y verduras con síntomas de enfermedad, b) identificar morfológicamente a los hongos aislados de las diferentes muestras, c) sintetizar las nanopartículas (AgNP) utilizando un aislado fúngico; y d) evaluar *in vitro* la actividad antimicrobiana de las nanopartículas de plata obtenidas, contra los hongos fitopatógenos aislados de las diferentes muestras.

3 | MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Aislamiento de hongos fitopatógenos

Las muestras de frutos enfermos fueron colectadas en el mercado Revolución ubicado en el municipio de Córdoba, Veracruz, los frutos presentaban síntomas de enfermedad como: antracnosis, necrosis, atizonamientos, puntos necróticos rodeados de halo clorótico, etc. El aislamiento e identificación de los hongos fitopatógenos se llevó a cabo en el Laboratorio de Biotecnología Microbiana Louis Pasteur de la Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias y la síntesis de nanopartículas, así como los bioensayos, se realizaron en el Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada del

IPN unidad Querétaro. El aislamiento, purificación e identificación de los hongos se realizó en placas con papa dextrosa agar, para su preparación se pesaron 39 g se colocó en 1L de agua destilada posteriormente se esterilizó a 120°C y 15 lb de presión, durante 15 min, el medio estéril se vació en cajas Petri en una campana de flujo laminar marca ArqStyle modelo CFL-90. El proceso de aislamiento se realizó cortando fragmentos de 0.5 a 1 cm del material biológico infectado, dichos fragmentos se desinfestaron por inmersión en hipoclorito de sodio al 4 % durante un minuto, subsiguientemente se realizaron de 3 a 6 lavados con agua destilada estéril para eliminar restos de hipoclorito. Las muestras se sembraron en condiciones de esterilidad, colocando 3 fragmentos desinfestados en las cajas con PDA, y se incubaron a 28°C durante 3 días. Una vez aislados y purificados, los hongos se sembraron en tubos con PDA inclinado para su conservación en refrigeración a 4°C.

La identificación se realizó mediante la observación de las características macroscópicas de la colonia, así como la observación de las características microscópicas dentro de las que destacan tipo de micelio (tamaño, presencia o ausencia de septos y producción de pigmentos) observación de estructuras reproductivas asexual/ sexual (conidios, picnidios, ascas, ascocarpos, ascosporas). para la observación de las estructuras se realizaron preparaciones con KOH al 3% y azul de algodón lactofenol posteriormente la observación en microscopio Labomed acoplado a un programas-Viewer, el cual fue calibrado utilizando la reglilla y el ocular con los objetivos 40x y 100x. el proceso de identificació de los hongos se realizó utilizando diferentes claves y atlas ilustrados (Watanabe, 2002, Barnett and Hunter, 1998). Las descripciones se hicieron en el siguiente orden, morfología colonial: tamaño, forma, elevación, aspecto, superficie, zonaciones, color, margen, textura, morfología microscópica; Micelio: tipo de micelio, diámetro de las hifas, pared, septos, frecuencia de septos. Conidiomas Tipo, forma, tamaño, color, Conidios: tipo, dimensiones, forma, color, pared, septos, ornamentación entre otros.

3.2 Síntesis de las nanopartículas de plata

La producción de la biomasa de *Paecilomyces* se realizó en medio PDA (Agar papa dextrosa) 39 g/L, el cual se esterilizó en autoclave y posteriormente se vacío en botellas planas, se dejó a prueba de esterilidad durante 24 h y posteriormente se inocularon las esporas del hongo mediante la técnica de césped, se incubó durante siete días en una estufa de cultivo a 25 °C, transcurrido el periodo de incubación se recolectaron esporas con agua estéril y se realizó un ajuste de inoculo (3.48 x 10^5 conidios/ml; las esporas de *Paecilomyces sp* se inocularon en el medio de cultivo YPG (extracto de levadura, peptona, glucosa) y se incubó durante 5 días para la producción de biomasa; siguiendo la metodología de Sandoval-Cárdenas (2017), se adicionaron 2 gramos de micelio en un matraz con agua y se incubaron durante 3 días a 30°C, 150 rpm para obtener el filtrado extracelular. Para la síntesis de AgNP, se preparó una solución de AgNO3 30 mM, posteriormente se adicionó 1

ml de la solución de AgNO3 en 29 ml del filtrado extracelular y se colocó en una incubadora con agitación marca Scientific durante 42 horas a 45 °C; la síntesis de AgNP se evidenció mediante el cambio de coloración de transparente a café oscuro (420 nm) en relación a los controles utilizados que fueron: 1) Filtrado 29 ml-Agua 1 ml, 2) Filtrado 29 ml-$AgNO_3$ 1 ml, los cuales no cambiaron su coloración, finalmente se obtuvieron 450 ml de solución de nanopartículas de plata(AgNP) por síntesis biológica.

3.3 Evaluación *in vitro* de las nanopartículas de plata contra los hongos fitopatógeno

Los bioensayos para determinar la actividad antimicrobiana de las nanopartículas de plata se realizaron in *vitro*, se prepararon placas con medio de cultivo PDA (Agar papa dextrosa) adicionando con AgNP en distintas relaciones con un volumen final de 10 ml 1) 9 ml de PDA + 1 ml de la solución madre de AgNP 2) 6.7 ml de PDA y 3.3 ml de solución de AgNP), 3) 8 ml de PDA y 2 ml de solución AgNP, el testigo fue el medio PDA, a partir del cual se cortó con ayuda de un sacabocados un disco de .5 mm de micelio, el cual tenía ocho días de cultivo y se colocó en el centro de la caja Petri de los distintos tratamientos. Posteriormente se realizaron mediciones del crecimiento del hongo cada 24 horas hasta que el testigo alcanzo los bordes de la placa y se dio por finalizad el experimento. El porcentaje de inhibición micelial se determinó mediante el método de Abbott (1925) utilizando la siguiente formula:

$$PI = 100 - (Cr * 100) \% Rp$$

PI: inhibición porcentual del crecimiento micelial del hongo (%)

Cr: crecimiento micelial radial del hongo (mm)

Rp: radio de la placa (mm).

4 | RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Aislamiento e identificación de los hongos fitopatógeno

De los 19 frutos infectados, se obtuvieron 22 aislados fúngicos, mismos que fueron codificados. En la tabla 1 se lista la codificación y la identificación de los aislados fúngicos a nivel de género. Los resultados coinciden con lo reportado por la Fundación Hondureña de investigación agrícola (Fhia, 2007) en la cual describen a los géneros *Alternaria, Botrytis, Diplodia, Monilinia, Penicillium, ColletotrIchum, Phomopsis, Fusarium* como causantes del deterioro patológico de frutas y verduras.

CÓDIGO	**GÉNERO**	**CÓDIGO**	**GÉNERO**
G1	No identificad	**G12**	No identificad
G2	*Alternaria sp.*	**G13**	*Colletotrichum sp.*
G3	*Epicoccum*	**G14**	*Fusarium*
G4	*Alternaria sp.*	**G15**	*Fusarium*
G5	*Alternaria sp.*	**G16**	*Fusarium*
G6	*Fusarium*	**G17**	*Fusarium*
G7	*Fusarium*	**G18**	*Fusarium*
G23	*Fusarium*	**G19**	*Fusarium*
G8	*Alternaria sp.*	**G20**	*Fusarium*
G9	No identificad	**G21**	No identificad
G10	*Fusarium*	**G22**	*Colletotrichum sp.*

Tabla 1. Hongos aislados e identificados provenientes de diferentes frutos con su código correspondiente.

Los géneros más representativos en el muestreo fueron: *Alternaria y Fusarium,* lo cual coincide con lo reportado por (Carrillo *et al.,*2003), quién menciona que los hongos presentes en las plantas de cosecha, también llamados “Hongos del campo”, incluyen especies de los géneros *Alternaria, Cladosporium, Epicoccum, Fusarium* y *Verticillium,* siendo *Alternaria* el segundo moho cuyas esporas se encuentran suspendidas en el ambiente. El género *Fusarium* se encuentra en los vegetales antes de la cosecha y persiste en los productos almacenados; *Epicoccum* es un moho saprófito cosmopolita generalizado y con frecuencia se asocia con plantas senescentes y material vegetal en descomposición, y se ha aislado a partir de madera, papel, textiles y una variedad de alimentos.

4.2 Síntesis de las Nanopartículas de plata (AgNP)

La síntesis de AgNp realizada siguiendo la técnica de Sandoval-Cárdenas (2017) dio como resultado 450 ml de nanopartículas de plata (AgNP) obtenidas por síntesis biológica. Dicha síntesis fue corroborada mediante la evaluación de su absorbancia a 420 nm en un espectrofotómetro UV-Vis, como se muestra en el siguiente grafico (Figura 1)

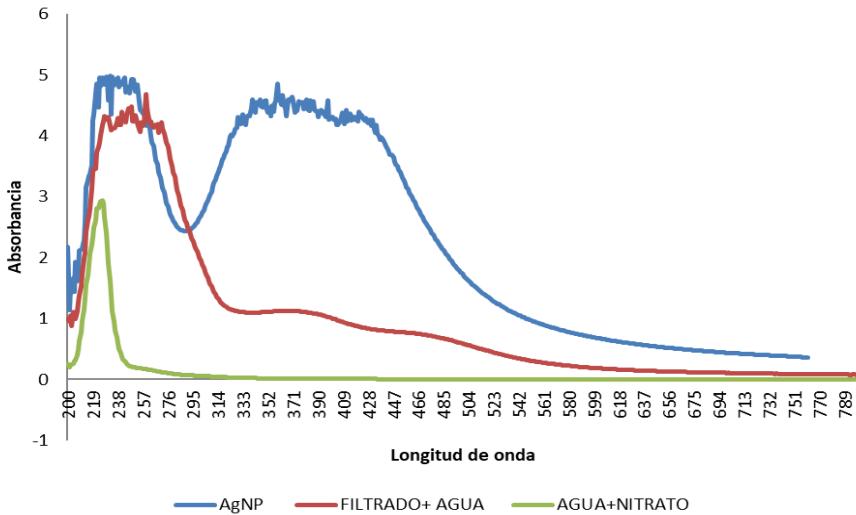



Figura 1: Evaluación en UV-vis de las nanopartículas de plata con los controles para la obtención de AgNp a 420 nm

Para la evaluación de la producción de las nanopartículas, se realizó la lectura en un espectro de absorción en un intervalo de 200 a 750 nm comparando con el espectro reportado con Sandoval Cárdenas en 2013. (Figura 2).

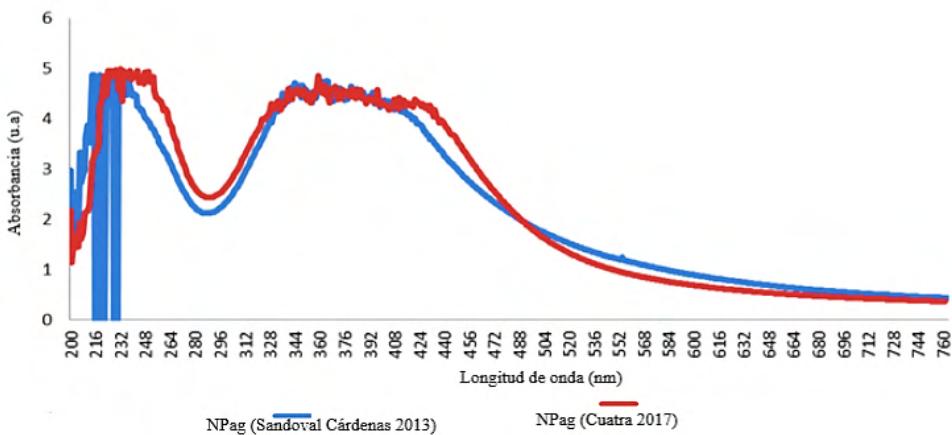



Figura 2. Espectro de absorción de las nanopartículas de plata obtenidas en la presente investigación y las obtenidas por Sandoval-Cárdenas en 2013.

Los resultados de la evaluación *in vitro* indican que con las nanopartículas de planta en el tratamiento tres (AgNP 1:10) se obtiene entre un 60 y 85% de la inhibición micelial, en comparación con los otros dos tratamientos, (Figura 2). El género *Alternaria* es susceptible a las AgNp, presentando una mayor inhibición del micelio, además de que observación al microscopio muestran una fragmentación en las esporas y el conidióforo del género

Alternaria. El género *Fusarium* presenta entre un 60 y 80 % de inhibición micelial, lo cual se observó que dependía del origen del aislado fúngico, además fue posible observar daño en sus estructuras de reproducción, formándose macroconidios en los cuales la punta de la célula apical no se observaba definida, ni tampoco se observó presencia de fiálides en las muestras tratadas con AgNP. En el caso del testigo, si se encuentran las estructuras bien definidas. En la gráfica no se observa el género *Epicoccum* ya que este hongo no fue afectado por las AgNp, al contrario, se observó un mayor crecimiento del micelio en relación con el testigo. En el caso del género *Colletotrichum*, se observó una inhibición del 100 % del micelio, en la relación 1:5 de AgNp. A concentración menor, no se ve afectado al hongo ni se observó daño en las estructuras del micelio ni de las esporas.

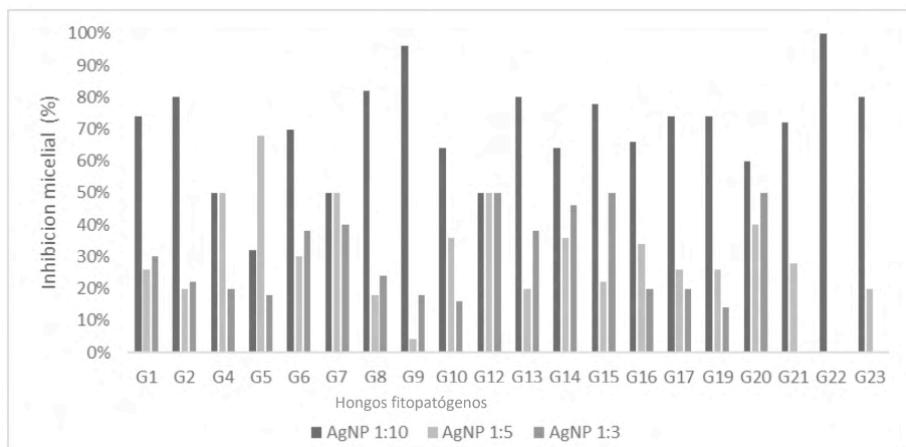



Figura 3. Porcentaje de inhibición del crecimiento micelial con diferentes relaciones de AgNP.

5 | CONCLUSIONES

1. Se aislaron un total de 22 hongos fitopatógenos; de los cuales sólo 18 fueron identificados y corresponden a los géneros *Alternaria, Fusarium, Epicoccum y Colletotrichum.*

2. El efecto de las AgNP se da en la relación 1:3 (500 ppm), mostró una eficacia del 60 al 86% dependiente del hongo, en *Collentotrichum* tiene un efecto fungistático y en alternaria tiene un efecto fungicida observándose un deterioro evidente de las estructuras fúngicas.

3. En el caso particular de los géneros *Alternaría* y *Fusarium,* la reducción del crecimiento micelial oscila entre un 60 - 80% y 50-70% respectivamente.

4. El género *Epicoccum* no mostró reducción de crecimiento en ninguna de las concentraciones de AgNP, por el contrario, se vio favorecido por los tratamientos.

REFERENCIAS

Agrios, G.N. (2005). **Plant pathology. Quinta edition.** Academic press, Nueva York. 803 p.

Aguilar Mendez, M. (2009). **Caracterización de nanopartículas de plata sobre *Collentotrichum gloesporioides.*** Tesis de Doctorado. Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tenologia Avanzada (CICATA Mexico DF) IPN.

Barnett, H. L., Hunter B. B. (1998). **Illustrated Genera of Imperfect Fungi.** American Phytopathological Society Press. St. Paul,Minnesota. USA. 218 p.

Basavaraja, S., S.D. Balaji, Lagashetty, A., Rajasab, A.H., Venkataraman, A. (2008). **Biosíntesis Extracelular de nanopartículas de plata usando el hongo *Fusarium semitectum*.** Materials Research Bulletin, 43: 1164 - 1170 Http://dx.doi.org/10.1016/j.materresbull.2007.06.020.

Carrillo, L. (2003). **Los Hongos de los Alimentos y Forrajes**, Universidad Nacional de Salta, Argentina.

Fhia, H. (2007). **Deterioro postcosecha de las frutas y hortalizas frescas por hongos y bacterias.** 4:2-5. http://fhia.org.hn/dowloads/fhiainfdic2007.pdf.accesada 15/12/15.

Kim, S. (2009). **An *in vitro* study of the antifungal effect of silver nanoparticles on oak wilt pathogen *Raffaelea sp*.** Journal of Microbiology and Biotechnology. 5: 1-5.

Lira-Saldívar, R.H. (2003). **Evaluation of resin content and the antifungal effect of Larreatridentata (Seese and Moc. Ex. DC) Coville extracts from two Mexican deserts against *Phytium sp. Pringsh*.** Revista Mexicana de Fitopatología. 21: 115-119.

Morones, J.R. (2005). **The bactericidal effect of silver nanoparticles**, Nanotechnology. 16: 2346-2353

Sandoval Cárdenas, E. (2012). **Uso de hongos microscópicos aislados de muestras ambientales para la producción de nanoparticulas de plata.** Tesis de Maestría en Tecnología Avanzada, CICATA (Querétaro) IPN.

Sastry, M., A. Ahmad, M.I. Khan, Kumar, R. (2003). **Biosynthesis of metal nanoparticles using fungi and actinomycete.** Current Science, 85 (2), 162-170.

Sondi, S., B. Salopek-Sondi. (2004). **Silver nanoparticles as antimicrobial agent: a case study on E. coli as a model for Gram-negative bacteria.** Journal of Colloid and Interface Science, 27(5): 177-182.

Watanabe, T. (2002). **Pictorial Atlas of Soil and Seed Fungi. Morphologies of Cultured Fungi and Key to Species.** CRC Press. Boca Raton, Fla., USA.

CAPÍTULO 2

AVALIAÇÃO VISUAL DA QUALIDADE ESTRUTURAL DO SOLO EM PROPRIEDADE AGRÍCOLA FAMILIAR NA AMAZÔNIA ORIENTAL

Data de aceite: 03/10/2022

Douglas Silva dos Santos
http://lattes.cnpq.br/7130358827742214

Antonia Kilma de Melo Lima
http://lattes.cnpq.br/8315721631149436

Nazareno de Jesus Gomes de Lima
http://lattes.cnpq.br/6550639230042751

Ana Lorrynny Ramos Lima
http://lattes.cnpq.br/6177175935375462

Fernanda Gisele Santos de Quadros
http://lattes.cnpq.br/7782947341657509

Wilton Barreto Morais
http://lattes.cnpq.br/8434718853803462

Liliane pereira da Silva
http://lattes.cnpq.br/7130358827742214

Raimunda Tainara Lino Ribeiro
http://lattes.cnpq.br/2846458756685770

Luan Daniel Silva Ferreira
http://lattes.cnpq.br/0794526919642626

Luana Costa da Silva
http://lattes.cnpq.br/6365109007928211

RESUMO: O monitoramento da qualidade do solo é importante para compreender as potencialidades e fragilidades que o manejo do solo tem provocado nos sistemas agrícolas e fazer as intervenções necessárias para evitar os processos de degradação do solo. Objetivou-se fazer uma avaliação visual da qualidade do estrutural do solo em áreas de cultivo agrícola familiar pelo método adaptado da Avaliação Visual da Estrutura do Solo (VESS), no município de Capanema-PA. Foi analisada área de cultivo em roça e de cultivo de agroflore ta, as avaliações foram realizadas por meio de carta de avaliação visual da estrutura do solo. Foi possível fazer um diagnóstico preliminar rápido sobre qualidade estrutural do solo em duas áreas com diferentes usos, onde se constatou que a área de roçado possui qualidade estrutural classificada como moderada (Qe=2), evidenciando que a área necessita de intervenção no manejo para garantir a produtividade da área e proteger o solo da degradação, práticas conservacionistas possíveis para a área foram citadas neste trabalho. A área de cultivo consorciado de espécies frutíferas e florestais apresentou qualidade estrutural classificada como boa (Qe=3) em função do maior aporte de matéria orgânica, maior diversidade de espécies e cobertura do solo.

PALAVRAS-CHAVE: Agricultura familiar; Agrofloresta; Estrutura do solo.

INTRODUÇÃO

A qualidade do solo pode ser definid como a capacidade do sistema solo em desempenhar, dentro dos limites do ecossistema, suas funções ecológicas: servir como meio para o crescimento vegetal; funcionar como abrigo para fauna e microrganismos; filtrar e estocar água; meio para estoque de nutrientes, mantendo a qualidade ambiental (VEZZANI;

MIELNICZUK, 2009; ZUBER et al., 2017).

A manutenção da qualidade do solo é um fator-chave para garantir rendimentos agrícolas satisfatórios, produzindo alimentos e fibras sem esgotar a capacidade de uso do recurso, garantindo que as gerações futuras também utilizem o solo com condições favoráveis à produtividade (NIERO et al., 2010; SOUZA; VEZZANI; MIELNICZUK, 2009). Neste contexto, a forma de preparo e manejo do solo é uma característica primordial que define se o sistema agrícola é sustentável ou não, ou seja, se conserva ou degrada as condições produtivas do solo.

As formas de uso, preparo e o manejo agrícola do solo influenciam na qualidade estrutural do solo, pois afetam diretamente os atributos como densidade, macro e micro porosidade, capacidade de retenção de água, estabilidade de agregados e resistência à penetração, determinando maior resistência ou fragilidade do sistema aos processos de degradação física (STEFANOSKI et al., 2013; ABDOLLAHI et al., 2015).

Dessa forma, a estrutura do solo, definida basicamente como o arranjo entre partículas sólidas e espaços vazios do solo no ambiente, é uma característica importante para ser usada no diagnóstico da qualidade do solo agrícola, pois é sensível às práticas de manejo aplicado na área e influenciam diretamente nos atributos supracitados (STEFANOSKI et al., 2013).

A Matéria Orgânica do Solo (MOS), contabilizada como matéria orgânica particulada, carbono ativo e biomassa microbiana também é um excelente indicador de qualidade, pois o carbono orgânico do solo é usado como fonte primária de energia e nutrientes para diversos microrganismos que habitam solos saudáveis. Essa atividade biológica aliada à dinâmica do carbono no sistema conduz o solo a fenômenos importantes para a manutenção da qualidade do solo, como mineralização/imobilização do nitrogênio nos solos; formação de agregados e reestruturação do solo, garantindo resistência à erosão; aumento da CTC do solo, influenciando na retenção de água e nutriente no sistema (FULTZ et al., 2013; CIARKOWSKA; GARGIULO; MELE, 2016; ZUBER et al., 2017; LAVELLE et al., 2020).

O monitoramento da qualidade do solo é de suma importância para compreender as potencialidades e fragilidades que o manejo e uso do solo têm provocado no sistema, servindo como subsídio teórico para a tomada de decisão. Atualmente, muitas pesquisas têm aplicado métodos sofisticados para avaliar a qualidade do solo (MUKHOPADHYAY et al., 2016; TAKOUTSING et al., 2016; BANDYOPADHYAY; MAITI, 2021; RIBEIRO et al., 2022). Porém, o estudo de métodos mais práticos e rápidos também se faz muito necessário, principalmente para o uso em pequenas propriedades agrícolas.

Tendo em vista que os métodos laboratoriais amplamente utilizados para avaliação física e química do solo são geralmente de difícil utilização pela agricultura familiar por demandarem maiores recursos e tempo. Ball et al. (2007), formulou um método para diagnosticar visualmente a qualidade estrutural do solo, posteriormente refinado por Guimarães et al. (2011), tornando-o mais simples e preciso. Assim, a vantagem da utilização

do método de Avaliação Visual da Estrutura do Solo (VESS - Visual Evaluation of Soil Structure) está no fato da avaliação ser realizada diretamente em campo com a utilização de poucos equipamentos e a possibilidade de interpretações imediatas.

A Avaliação Visual da Estrutura do Solo (VESS - Visual Evaluation of Soil Structure) desenvolvida por Ball et al. (2007) usa uma metodologia acessível para diagnóstico da qualidade estrutural do solo no campo. consistem basicamente em coletar e destorroadas manualmente agregados do solo, respeitando a linha de fratura natural dos agregados e comparado com uma carta visual, atribuindo-se notas à organização estrutural do solo presente na amostra. Assim, por meio da observação das características morfológicas dos agregados como o tamanho, a resistência e porosidade e presença de raízes, atribui-se um valor numérico à qualidade estrutural do solo (Qe), conforme descrito na carta de avaliação. De acordo com as notas variam de 1 (qualidade estrutural boa) a 5 (qualidade estrutural pobre) é possível diagnosticar se há necessidade de intervenção no sistema de manejo para a recuperação da qualidade estrutural do solo na área (GUIMARÃES et al., 2011).

Dessa forma, o presente estudo tem por objetivo fazer avaliação da qualidade estrutural do solo em áreas de cultivo agrícola familiar pelo método adaptado da Avaliação Visual da Estrutura do Solo (VESS).

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no município de Capanema (01º11’45”S; 47o10’ 51”W), e está localizado a 150 km de Belém, capital do Estado do Pará. Possui uma extensão territorial de 614,693 km² e pertence à microrregião bragantina, no nordeste paraense. Sua população é estimada em 68.616 habitantes, sendo o 21° município paraense mais populoso dentre os 144 do Estado (IBGE, 2018).

Os solos da região apresentam baixa fertilidade natural, baixa capacidade de troca catiônica, elevada acidez e teores de alumínio. Quanto a classificação desses solos no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS), tem-se principalmente a presença das ordens dos Latossolos, Argissolos, Neossolos, Espodossolos e Gleissolos (EMBRAPA, 1998; FADESPA, 2016).

O trabalho foi realizado no dia 15 de outubro de 2019 em uma propriedade familiar localizada na comunidade rural do Segredinho, no distrito do Tauari em Capanema-PA. A coleta de amostra de agregados para a aplicação do método de VESS foi realizada em área de cultivo em roça (CR) e outra de cultivo agroflorestal (CA), conforme mostrado na figura 1

Figura 2: Pontos de coleta dentro das áreas de cultivo

Fonte: Google Earth adaptado por autores (2021)

Área	**Classificação do solo (SiBCS)**	**Histórico da área**	**Uso do solo e práticas agrícolas**
Cultivo em roça (CR)	Latosssolo Amarelo	Capoeira (floresta secundária) e cultivo de hortaliças com uso de esterco bovino para adubação	Cultivo de feijão-caupi (*Vigna unguiculata*) e mandioca (*Manihot esculenta*) com presença maciça de plantas daninhas. Bananeiras (musa spp) plantadas em espaçamento, espaçadas entre si. Manejo convencional, preparo da terra baseado na técnica de corte e queima. Não há circulação de máquinas ou animais na área.
Cultivo agrofloresta (CA)	Neossolo Flúvico	Curral para acomodação de gado bovino	Cultivo consorciado de espécies florestais como Paricá *(Schizolobium amazonicum)*, Maranhoto *(Colubrina glandulosa)*, Mogno (*Khaya ivorensis*) Acácia *(Acacia saligna,* Andiroba *(Carapa guianensis) e* Copaíba *(Copaifera langsdorffii*) com espécies frutíferas como Banana (musa spp), Goiaba *(Psidium guajava)*, Cupuaçu *(Theobroma grandiflorum),* Açaí *(Euterpe oleracea*) e Taperebá *(Spondias mombin).*

Quadro 1: Caracterização das áreas agrícolas da propriedade

Procedimentos metodológicos

Para a avaliação da qualidade estrutural do solo no campo pelo método de VESS foi realizada abertura de uma minitrincheira de aproximadamente 0,25 m de profundidade para

a coleta de amostras informadas (blocos de solo), conforme a metodologia descrita por Ball et al. (2007) e adaptada por Guimarães et al. (2011).

A avaliação da estrutura do solo seguiu as etapas de: identificação e medição das camadas de estrutura contrastante no perfil do solo; fragmentação manual dos blocos coletados seguindo as linhas de fratura natural para obter pequenos agregados; atribuição de pontuação separadamente para cada camada, comparando a estrutura da amostra com a carta de avaliação (EMBRAPA, 2015), que apresenta descrições e fotos exemplificand cada qualidade da estrutura do solo proposta pelo método; cálculo da escore de cada área.

Por meio da uma carta de avaliação dos agregados do solo foi realizada a classificação dos agregados seguindo metodologia de VESS, atribuindo notas de 1 a 5 para a Qualidade Estrutural (Qe) dos agregados de solo para cada camada existente no perfil e a respectiva multiplicação com o valor da espessura (em cm) da camada. O resultado do produto da Qe com a espessura da camada foi somada e posteriormente foi dividida pela profundidade total (BALL et al., 2007; GUIMARÃES et al., 2011), conforme a Eq. (1).

$$\text{Escore} = \sum \frac{Qe.Ec}{Pt} \quad (1)$$

Onde, **Qe** é a nota da qualidade do agregado de cada camada, sendo obtido por meio da comparação com da amostra com a carta de avaliação; **Ec** corresponde a espessura da camada; **Pt** é a profundidade total da minitrincheira.

Valores de escore entre 1 e 3 qualificam a qualidade estrutural do solo como aceitável, não sendo necessário intervenção no manejo ou requerendo modificaçõe pontuais para melhorias em longo prazo; Valores entre 3 e 5 sinalizam para a degradação física do solo, indicando a necessidade intervenção imediata no manejo ou remediação da área. Quanto mais próximo de 5 for o valor da escore, pior será a qualidade estrutural do solo (EMBRAPA; 2015; BALL et al., 2017; CHERUBIN et al., 2017).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Cultivo em roça

No perfil de solo analisado (figura 3) foram observadas duas camadas com espessura de 15 e 20 cm cada. Por meio da utilização de carta de avaliação foi constatado que ambas obtiveram Qe igual a 3. A partir do cálculo da escore descrita por Guimarães et al. (2011), obteve-se que a qualidade estrutural do solo para a área cultivada com roçado foi igual a 3. De acordo com a EMBRAPA (2015), valores de escore igual a 3 sinalizam qualidade estrutural moderada, necessitando de intervenção no manejo para garantir a conservação do solo e evitar que este recurso seja exaurido pelo uso.

Figura 3: Trincheira para coleta de agregados do solo na área de cultivo em roça

Fonte: Autores (2019).

Foi constatado a partir da avaliação que as amostras dos agregados da área de CR só quebravam mediante a aplicação de força com a mão, podendo formar alguns torrões angulares com baixa porosidade. A porosidade identificada na área foi baixa e os macroporos eram principalmente arredondados, formado basicamente por bioporos resultante da atividade da fauna, (minhoca, grilo-toupeira e formigas) e raízes finas em decomposição, oriunda de espécies daninha. As raízes estavam principalmente dentro dos agregados.

A qualidade estrutural Qe=3 verificada na área CR foi negativamente influenciad pelo preparo do solo realizada com uso do fogo, pelo método de corte e queima que é muito comum na região. O aquecimento provocado pelo fogo nas camadas superficiais do solo promove modificações em suas propriedades químicas, físicas e biológicas, podendo provocar redução da matéria orgânica, alterações em argilas e diminuir a capacidade de saturação do solo (NUNES et al., 2019).

O uso do fogo é uma técnica de baixo custo para preparo do solo muito usada na agricultura familiar, sendo usado para controle das plantas invasoras e pragas, além de contribuir para depositar Carbono orgânico e nutrientes (N, K, P, Ca, Mg) na superfície do solo. No entanto, a adsorção desses elementos no sistema é efêmera, pois a redução da biomassa vegetal e microbiana causada pelo uso do fogo dificulta a imobilização desses nutrientes no sistema, que são facilmente perdidos por erosão e lixiviação, com agravante em regiões que apresentam maiores precipitações. Em relação à dinâmica do Nitrogênio, sabe-se que “a quantidade de N inorgânico reciclado anualmente através do processo de mineralização é menor no local queimado do que no site não queimado” (NARDOTO; BUSTAMANTE, 2003, p. 261).

De acordo com BRIZZI et al. (2019), o uso do fogo no manejo é prejudicial à qualidade

física do solo, pois a ausência de vegetação deixa a área exposta aos processos erosivos causados pela ação mecânica das gotas de chuva. A erosão acarreta perda de fertilidade, seja por conta da remoção de nutrientes do sistema ou pelo arraste de partículas de da fração argila, que reduz drasticamente diminui a CTC do solo.

O carbono orgânico, resultante dos processos de decomposição da matéria orgânica pelos microrganismos apresenta papel fundamental na formação de macroagregados e porosidade no solo (MARTINKOSKI et al., 2017; ZHANG et al., 2017,; BRIZZI et al. 2019). De acordo com Nunes et al. (2019), as elevadas temperaturas que a superfície do solo alcança durante as queimadas é capaz de reduzir a estabilidade dos agregados do solo, deixando o sistema mais vulnerável à degradação física.

Além disso, as queimadas prejudicam a estrutura do solo porque elimina boa parte dos microrganismos e da fauna do solo, afetando os processos de ciclagem dos nutrientes e bioturbação, influenciando diretamente na redução da macroporosidade e dificultand a formação dos agregados (SOUSA et al., 2019).Martinkoski et al. (2017) explicam que a redução de matéria orgânica torna o sistema vulnerável à degradação física, pois a matéria orgânica contribui com o aumento da porosidade, e juntamente com as frações de argila também é responsável por melhorar a agregação do solo.

É importante salientar que apesar do resultado, a degradação da qualidade estrutural na área CR não alcançou níveis críticos pelo fato de não haver trânsito de animais e máquinas sobre o solo. A compactação do solo seria um fator agravante na degradação da qualidade estrutural que ameaçaria a capacidade produtiva na área, pois de acordo com Moraes et al. (2016) e Santos et al. (2020), a compactação diminui a porosidade do solo aumenta a resistência mecânica ao crescimento de raízes, diminui a porosidade, aeração e a condutividade hidráulica do solo, dificultando a absorção de água e nutrientes pelos vegetais.

Como intervenção para recuperação da qualidade do solo na área, a adoção da técnica de rotação de culturas também é importante para aumentar a diversidade do material orgânico disposto no solo e contribuir com a fertilidade. A matéria orgânica no solo, viva ou morta, é imprescindível para a formação de macroagregados (BRIZZI et al. 2019). O aporte de matéria orgânica no sistema pode ser promovido pelo emprego de técnicas de manejo. O que pode ser uma alternativa viável é o uso de espécies de leguminosas e gramíneas como planta de cobertura para aumentar a agregação, a porosidade, a atividade biológica e o estoque de carbono no solo.

A técnica de rotação de culturas proporciona o aumento do teor de matéria orgânica no solo, protegendo o solo contra a erosão e realizando a manutenção das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo (NICOLOSO et al., 2019). A rotação de culturas pode ser definida como a alternância ordenada de diferentes espécies vegetais que estão sendo manejadas dentro de um mesmo espaço e na mesma estação do ano em um determinado ciclo (SILVA et al., 2020). A rotação de culturas é a técnica de menor prática entre os

produtores, mesmo apresentando mudanças importantes na sustentabilidade, produção e rentabilidade do sistema (COELHO et al., 2019).

O uso de plantas de cobertura também é outra prática conservacionista eficaz para proporcionar a melhoria da qualidade estrutural do solo na área. Os resíduos da parte aérea e das raízes das plantas de cobertura contribuem para a ciclagem de nutrientes do solo, isso por conta da sua diversidade, quantidade e proporção (REDIN et al., 2016). Os resíduos que são oriundos das plantas de cobertura vegetal fornecem condições de melhorias nas características do solo, possibilitando o bom desenvolvimento de culturas (RODRIGUES et al., 2016; RAMOS et al., 2017).

A parte aérea das plantas de cobertura protege o solo da atividade de intemperismo e do processo de erosão. Além disso, o resíduo orgânico produzido pode melhorar as condições de agregação, aeração e infiltração do solo, facilitando o desenvolvimento radicular das plantas (MORAES et al., 2016) e enriquecendo o solo de nutrientes (CASALI et al., 2016).

A adoção de técnicas conservacionistas como uso de plantas de cobertura, rotação de culturas e adubação orgânica são alternativas para recuperar a qualidade estrutural do solo e garantir a capacidade produtiva do solo nessa área. De com Moraes et al. (2016), essa prática contribui com a conservação do solo por permitir controle da erosão, aumento dos conteúdos de carbono orgânico no solo, manutenção da estabilidade de agregados, diversidade de espécies no sistema e atividade biológica.

Cultivo agroflorestal

Na área CA foi constatado duas camadas de espessuras de 25 e 10 cm cada, ambas obtiveram Qe igual a 2, e consequentemente, a qualidade estrutural do solo para a área cultivada nesse sistema foi aproximadamente 2,3, classificada como boa e sem exigência de intervenção.

Os agregados coletados na área CA apresentavam elevada porosidade e quebravam facilmente com a aplicação de força com a mão. Os macroporos eram abundantes e com formas diversificadas, apresentando bioporos formados por raízes finas em decomposição e galerias construídas pela microfauna, principalmente arredondados.

A quantidade de raízes era bastante expressiva (figura 3) e se espalhava por todo o solo. Observou-se intensa atividade biológica no solo, principalmente pela presença de espécies de anelídeos (minhocas), insetos (formigas e grilo-toupeira), diplópodes (embuá), moluscos (lesma e caracóis) e nematóides. Lavelle et al., 2020 citam que invertebrados e raízes são elementos essenciais da agregação do solo, de tal forma que 40-60% da massa do solo nos primeiros 15 cm é composto por agregados do solo produzidos principalmente por atividades de minhocas.

Figura 3: Solo bem agregado e presença maciça de raízes observada na minitrincheira na área de cultivo agroflorestal

Fonte: Autores (2019).

De acordo com a EMBRAPA (2015), valores de escore igual a 2 sinalizam qualidade estrutural moderada. De acordo com Ball et al. (2007), pontuações entre 1 e 2,9 indicam boa qualidade estrutural, ou seja, não há necessidade de intervir no manejo.

O valor Qe= 2,3 obtido na área com cultivo em consórcio demonstra que as condições da qualidade estrutural são favoráveis à conservação, e um dos principais fatores que contribuíram para este resultado satisfatório obtido em CA foi o aporte de matéria orgânica pela deposição de resíduos vegetais na área aliado à ausência de preparo do solo e revolvimento do solo (CHERUBIN et al., 2017).

O revolvimento do solo pode formar camadas compactadas (VALENTE et al., 2019). Os solos que são resolvidos apresentam perda de matéria orgânica em profundidade (SOUZA et al., 2019). Com a perda de material orgânico os agregados do solo fica instáveis dificultando a infiltração e a aeração (NUNES, 2012; MOREIRA, 2017). Os solos que apresentam baixa infiltração de água no perfil do solo, geralmente, tem maior retenção (BARBOSA et al., 2018). Os solos de alta retenção tendem apresentar camadas compactadas por conta do encharcamento (FREITAS, 2018). De acordo com Silva et al. (2020) os sistemas que são manejados com arado, grade niveladora e enxada rotativa apresentam perdas de qualidade estrutural do solo.

Silva et al. (2019) constataram que sistemas agroflorestais favorecem a manutenção da diversidade e a quantidade de organismos da fauna do solo e de fungos micorrízicos, contribuindo com a melhoria de indicadores de qualidade física e química. Além disso, a riqueza de matéria orgânica no sistema é importante para garantir a estabilidade dos agregados, contribui com estruturação do solo e confere maior resistência à erosão (BRIZZI

et al. 2019).

A diversidade de espécies no espaço agroflorestal contribui com o elevado aporte de matéria orgânica no solo, em quantidade e em qualidade, ajudando na agregação das partículas do solo pela ação cimentante da matéria orgânica e melhorando a qualidade estrutural do solo na área, explicando a prerrogativa de Dantas et al. (2012), que cita que cultivos perenes causam menor degradação física do solo por garantir maior estabilidade dos agregados, diminuição nos valores de densidade do solo e resistência à penetração.

Outro fator que provavelmente contribui para a qualidade estrutural é a presença maciça de gramíneas que ocupam a área, impossibilitando a exposição do solo. A de raízes proporciona aumento da porosidade do solo. Raízes de gramíneas são fontes de matéria orgânica em profundidade para o solo e ainda contribui para a formação de macroagregados e macroporos (BRIZZI et al. 2019).

A presença maçante de gramínea e o fato de não haver revolvimento do solo garantem a agregação do solo causado pelas raízes, importante por proteger o solo contra a erosão e contribuir com a manutenção da porosidade no solo. Além disso, a cobertura do solo proporcionada pelas gramíneas e resto de biomassa em decomposição é importante para a manutenção da biodiversidade da fauna, microrganismos e presença de raízes no solo, contribuindo com a boa qualidade estrutural.

A utilização de gramíneas como vegetação de cobertura favorece o desenvolvimento do sistema radicular, aumentando a capacidade do solo em reter oxigênio e a água da chuva (NERES; LIMA; RODRIGUES, 2022). O uso de gramíneas como técnica de manejo promove a formação de bioporos de diferentes tamanhos, que cooperam para a difusão dos gases no solo, no desenvolvimento radicular e do movimento da água no perfil do solo (BERTOLLO & LEVIEN, 2019). As gramíneas apresentam facilidade de adaptação em diferentes culturas produzindo uma grande quantidade de biomassa no solo (SILVA et al., 2019). Assim como são responsáveis pela fixação e manutenção do carbono no solo, por conta disso apresentam uma alta relação C/N (TAKASU, 2019). Além disso, as gramíneas também contribuem com a melhoria da qualidade do sistema pelo aumento da estabilidade e do sequestro de Carbono (FULTZ et al., 2013).

CONCLUSÃO

A partir da aplicação do método de VESS foi possível fazer um diagnóstico preliminar rápido sobre qualidade estrutural do solo em duas áreas com diferentes usos, onde se constatou que a área de roçado possui qualidade estrutural classificada como moderada, evidenciando que a área necessita de intervenção no manejo para garantir a produtividade da área e proteger o solo da degradação. A adoção de práticas conservacionistas como uso de plantas de cobertura, rotação de culturas e adubação orgânica são alternativas para manutenção da qualidade física do solo e garantir a capacidade produtiva no sistema.

A área de cultivo consorciado de espécies frutíferas e florestais apresentou qualidade estrutural classificada como boa em função do maior aporte de matéria orgânica, maior diversidade de espécies e cobertura do solo.

REFERÊNCIAS

ABDOLLAHI, L., HANSEN, E. M., RICKSON, R. J., & MUNKHOLM, L. J. Overall assessment of soil quality on humid sandy loams: Effects of location, rotation and tillage. Soil and Tillage Research, v. 145, p. 29–36, 2015.

BALL, B. C.; BATEY, T.; MUNKHOLM, L. J. Field assessment of soil structural. Quality: a development of the Peerlkamp test. **Soil Use and Management**, v. 23, p. 329–337, 2007.

BANDYOPADHYAY, S.; MAITI, S. K. Application of statistical and machine learning approach for prediction of soil quality index formulated to evaluate trajectory of ecosystem recovery in coal mine degraded land. **Ecological Engineering**,v. 170, n. June, p. 106351, nov. 2021.

BARBOSA, J. et al. Levantamento de biomassa de raízes finas e constituintes de matéria orgânica em diferentes áreas no município de Paragominas-PA. **Cadernos de Agroecologia**, Brasília-DF, v. 13, n. 1, jul. 2018.

BRIZZI, R. R. et al. Avaliação macro e microestrutural de solos sob diferentes usos a partir de análises físicas, microscopia eletrônica e espectroscopia por energia dispersiva macro and microstructural evaluation of soils under different uses through physical analyses, eletronic microscopy and dispersive energy spectroscopy. **R. Ra'e Ga,** Curitiba, v.46, p. 25 -40 , Mar/2019.

CASALI, C. A. et al. Benefícios do Uso de Plantas de Cobertura de Solo na Ciclagem de Fósforo. In: CASALI, C. A. et al. Manejo e Conservação do Solo e da Água em Pequenas Propriedades Rurais no Sul do Brasil: Práticas alternativas de manejo visando a conservação do solo e da água. -Porto Alegre: UFRGS, 2016. p. 7-22.

CHERUBIN, M. R.; FRANCO, A. L. C.; GUIMARÃES, R. M. L., TORMENA, C. A., CERRI, C. E. P., KARLEN, D. L.; CERRI, C. C. Assessing soil structural quality under Brazilian sugarcane expansion areas using Visual Evaluation of Soil Structure (VESS). **Soil and Tillage Research,** v. 173, p. 64–74, 2017.

CIARKOWSKA, K.; GARGIULO, L.; MELE, G. Natural restoration of soils on mine heaps with similar technogenic parent material: A case study of long-term soil evolution in Silesian-Krakow Upland Poland. **Geoderma**, v. 261, p. 141–150, jan. 2016.

COELHO, A. E. et al. Sanidade de híbridos de milho em função da época de semeadura, doses de Nem áreas com e sem rotação de culturas, **Colloquium Agrariae**, v. 15, n.2, Mar-Abr. 2019, p. 101-113

DANTAS, J. D. N.; OLIVEIRA, T. S.; MENDONÇA, E. S.; ASSIS, C. P. Qualidade do solo sob diferentes usos e manejos no perímetro irrigado de Jaguaribe/Apodi, CE. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, p.18- 26, 2012.

EMBRAPA. **Solos, aptidão agrícola e zoneamento agroecológico**: Munícipio de Tracuateua. Belém:1998. Disponível em: <http://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/handle/doc/14750>. Acesso em: 30 abr de 2020.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Avaliação visual para o monitoramento da qualidade estrutural do solo**: VESS e VSA. Pelotas, Embrapa Clima Temperado, 2015. p. 40. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1017871/avaliacao-visual-para-o-monitoramento-da-qualidade-estrutural-do-solo-vess-e-vsa >. Acesso em: 10 nov 2019.

FADESP. Secretaria de estado de planejamento, orçamento e finanças. Estatística Municipal: Capanema. IDESP, 2016. Disponível em: <http://www.fapespa.pa.gov.br/upload/Arquivo/anexo/1197.pdf?id=1583389624>. Acesso em: 30 abr de 2020.

FREITAS, J. P. O. Processos Hidrológicos em Áreas de Mineração de Bauxita na Zona da Mata de Minas Gerais. 2018. Tese(Doutorado) – Curso Ciência Florestal, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2018.

FULTZ, L. M.; MOORE-KUCERA, J..; ZOBECK, T. M.; ACOSTA-MARTÍNEZ, V.; WESTER, D. B.; ALLEN, V. G. Organic carbon dynamics and soil stability in five semiarid agroecosystems. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 181 , p. 231–240, 2013.

GUIMARÃES, R.M.L; BALL, B.C; TORMENA, C.A. Improvements in the visual evaluation of soil structure. **Soil Use Manage**, v. 1, n. 27, p. 395-403, 2011.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <https://ww .ibge.gov.br/cidades-e-estados/pa/capanema.html> . Acesso em: Acesso em: 30 abr de 2020.

LAVELLE, P. et al. Soil aggregation, ecosystem engineers and the C cycle. **Acta Oecologica**, v. 105, p. 1- 12, 2020.

MARTINKOSKI, L. et al. Qualidade Física do Solo Sob Manejo Silvipastoril e Floresta Secundária. **Floresta e Ambiente**, v. 24, n. 20160282, 2017.

MARTINKOSKI, L.; VOGEL, G. F.; JADOSKI, S. O.; MARTINKOSKI, L. F. Qualidade Física do Solo Sob Manejo Silvipastoril e Floresta Secundária. **Floresta e Ambiente**, v. 24, n. 1, p. 270-282, 2017.

MORAES, M. T. et al. **Benefícios das Plantas de Cobertura sobre as Propriedades Físicas do Solo**. In: MORAES, M. T. et al. Manejo e Conservação do Solo e da Água em Pequenas Propriedades Rurais no Sul do Brasil: Práticas alternativas de manejo visando a conservação do solo e da água. -Porto Alegre: UFRGS, 2016. p. 7-22.

MORAES, M.T.; DEBIASI, H.; CARLESSO, R.; FRANCHINI J.C.; SILVA, V.R.; LUZ, F.B.Soil physical quality on tillage and cropping systems after two decades in the subtropical region of Brazil. **Soil & Tillage Research**, v. 155, p. 351-362, 2016.

MOREIRA, W. K. O. et al. Velocidade de infiltração básica da água no solo em diferentes agroecossistemas amazônicos. **Agrarian Academy**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, .4, n.7. p.11, 2017.

MUKHOPADHYAY, S. et al. Soil quality index for evaluation of reclaimed coal mine spoil. **Science of The Total Environment**, v. 542, p. 540–550, jan. 2016.

NARDOTO G. B.; BUSTAMANTE M. M. C. Effects of fire on soil nitrogen dynamics and microbial biomass in savannas of Central Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 8, p. 955-962, aug. 2003.

NERES, P. D.; LIMA, J. A.; RODRIGUES, C. R. Análise do uso de vegetação na contenção de taludes. **Research, Society and Development**, v. 11, n.6, e 2111628510, 2022.

NICOLOSO, R. S. et al. **A rotação de culturas aumenta os estoques de carbono e nitrogênio no solo sob sistema plantio direto**. In: Resultados comparativos de 32 anos dos Sistemas Plantio Direto e Convencional.- Porto Alegre: Sescoop/Rs, 2019, p.208.

NIERO, L. A. C.; DECHEN, S. C. F.; COELHO, R. M.; DE MARIA, I. C. Avaliações visuais como índice de qualidade do solo e sua validação por análises físicas e químicas em um Latossolo Vermelho Distroférrico com usos e manejos distintos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 1, n. 34, p. 1271-1282, 2010.

NUNES, H. B. et al. Influência da temperatura na agregação do solo avaliada por dois métodos. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 29, n. 2, pág. 1-12, abr./jun. 2019.

NUNES, J. A. S. et al. Velocidade de infiltração pelo método do infiltrômetro de anéis concêntricos e Latossolo Vermelho de Cerrado. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhece , Goiânia, v.8, n.15; p.1685. 2012.

RAMOS, M. R.; DEDECEK, R. A.; SILVA, T. R. da; FREIRE, T. M. Atributos físicos do solo no horizonte superficial em diferentes usos. **Revista Agri-Environmental Sciences**, v. 3, n. 1, 2017.

REDIN, M. et al. Plantas de Cobertura de Solo e Agricultura Sustentável: Espécies, Matéria Seca e Ciclagem de Carbono e Nitrogênio. In: REDIN, M. et al. Manejo e Conservação do Solo e da Água em Pequenas Propriedades Rurais no Sul do Brasil: Práticas alternativas de manejo visando a conservação do solo e da água. - Porto Alegre: UFRGS, 2016. p. 7-22.

RIBEIRO, P. G. et al. Spectral and Soil Quality Index for Monitoring Environmental Rehabilitation and Soil Carbon Stock in an Amazonian Sandstone Mine. **Sustainability**, v. 14, p. 597, 2022.

RODRIGUES, M. S.; SOUZA, C. de; LIMA, D. D.; SILVA, S. D. P.; ALVES, D. C.; MACHADO, N. S. Impacto do cultivo do coqueiro irrigado na qualidade física do solo na região semiárida Brasileira. **Ciencia del Suelo**, v. 34, n. 1, p. 139-144, 2016.

SILVA, C. S. R. A et al. Avaliação de diferentes práticas de manejo sob cultivo orgânico de hortaliças na densidade do solo em Seropédica (RJ). **Cadernos de Agroecologia** – ISSN 2236-7934 - Anais do XI Congresso Brasileiro de Agroecologia, São Cristóvão, Sergipe - v. 15, no 2, 2020.

SILVA, M. H. C et al. A importância da rotatividade de culturas na agricultura familiar. **Brazilian Journal of Development,** Curitiba, v.6, n.11,p.85649-85655, 2020.

SILVA, P. L. F. et al. Estoques de Carbono e Retenção Hídrica em Biomassa de Gramíneas no Agreste da Paraíba. **Brazilian Journal of Biosystems Engineering,** v. 13, n. 2, p. 155-167, 2019.

SOUSA, R. R. et al. Impacto da queima de vegetação do Cerrado sobre fungos habitantes do solo. **Ciênc. Florest**., v. 29, n. 2, Apr-Jun, 2019.

SOUZA, A. S. et al. Propriedades e estoque de carbono e nitrogênio do solo na Amazônia Oriental: um estudo de caso sobre os sistemas de manejo. Revista Observatorio de la Economía Latinoamericana, Abril 2019 - ISSN: 1696-8352.

STEFANOSKI, D. C.; SANTOS, G. G.; MARCHÃO, R. L.; PETTER, F. A.; PACHECO, L. P. Uso e manejo do solo e seus impactos sobre a qualidade física. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental,** v.17, n.12, p.1301–1309, 2013.

TAKASU, A. T. Manejo do Solo e Consórcio de Gramíneas ou Leguminosas no Desenvolvimento e Produtividade do Milho Primeira Safra e Feijão de Inverno em Sucessão no Sistema Plantio Direto no Cerrado. Tese (doutorado) – Sistemas de Produção, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteiro, 2019.

TUCHTENHAGEN, I. K., LIMA, C. L. R. DE, BAMBERG, A. L. GUIMARÃES, R. M. L., & MANSONIA, P.-M. Visual Evaluation of the Soil Structure under Different Management Systems in Lowlands in Southern Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 42, p. 1-13, 2018.

VALENTE, G. F. et al. Resistência mecânica à penetração em sistemas de manejo do solo. **Revista Verde, v.** 14, n. 1, p. 140-145, 2019.

VEZZANI, F. M.; MIELNICZUK, J. Revisão de literatura: uma visão sobre qualidade do solo. **Revista de Ciência do Solo,** v. 33, n. 4, P .733-740, 2009.

ZHANG, M. et al. Loss of soil microbial diversity may increase insecticide uptake by crop. **Agriculture, ecosystems & environment,** v. 240, n. 4, p. 91, 2017.

ZHANG, X.; XIN, X.; ZHU, A.; ZHANG, J.; YANG, W. Effects of tillage and residue managements on organic C accumulation and soil aggregation in a sandy loam soil of the North China Plain. **CATENA**, v. 156, p. 176–183, 2017.

ZUBER, S. M. et al. Multivariate assessment of soil quality indicators for crop rotation and tillage in Illinois. **Soil and Tillage Research**, v. 174, p. 147–155, dez. 2017.

CAPÍTULO 3

CARACTERIZACIÓN Y RENDIMIENTO DE DOS MAÍCES CRIOLLOS POZOLEROS DE LOS ESTADOS DE GUANAJUATO Y MICHOACÁN EN EL MUNICIPIO DE ZUMPANGO, ESTADO DE MÉXICO

Data de aceite: 03/10/2022

José Luis Gutiérrez Liñán
Doctor en Educación
Centro Universitario UAEM Zumpango, Estado de Méx

Carmen Aurora Niembro Gaona
Doctora en Educación
Centro Universitario UAEM Zumpango, Estado de Méx

Alfredo Medina García
Maestro en Educación
Facultad de Ciencias Agrícolas de la UAEM
Toluca de Lerdo, Méx

María Candelaria Mónica Niembro Gaona
Licenciada en Turismo
Centro Universitario UAEM Zumpango, Estado de Méx

RESUMEN: La evaluación de los componentes de rendimiento en campo y su respuesta a con los factores agroclimáticos nos indican la calidad genética de los materiales vegetativos en estudio, para esta investigación se estableció una parcela demostrativa en el Centro Universitario UAEM Zumpango, con el propósito de realizar el estudio agronómico a partir de sus componentes de rendimiento de dos Maíces criollos de los estados de Guanajuato y Michoacán y evaluar su comportamiento de adaptación y a partir del análisis de las siguientes variables: Altura de planta (AP); Altura a la primera mazorca (APM); Longitud de la hoja (LH); Longitud de la Mazorca (TM); Diámetro de la mazorca (DM) y Rendimiento (RTO) de acuerdo con la metodología de Muñoz en 1993 para el cálculo del rendimiento. Se utilizó una estadística descriptiva para obtener los valores de cada variables planteada y de esta manera, conocer la respuesta de estos materiales vegetativos y de los acuerdo con resultados obtenidos presentaron un comportamiento agronómico aceptable y obtuvieron un rendimiento para el de Guanajuato 350 Kg y 334 Kg respectivamente en la unidad experimental, por lo que puede ser una opción viable para Zumpango.

PALABRAS CLAVE: Rendimiento, Maíces, Criollos, Guanajuato, Michoacán.

ABSTRACT: The evaluation of the yield components in the field and their response to the agroclimatic factors indicate the genetic quality of the vegetative materials under study. For this investigation, a demonstration plot was established at the UAEM Zumpango University Center, with the purpose of carrying out the agronomic study based on its yield components of two Creole corns from the states of Guanajuato and Michoacán and evaluating their adaptation behavior and based on the analysis of the following variables: Plant height (AP); Height at first ear (APM); Blade length (LH); Cob Length (MT); Ear diameter (DM) and Yield (RTO) according to the methodology of Muñoz in 1993 for the calculation of yield. Descriptive statistics were used to obtain the values of each variable raised and in this way, to know the response of these vegetative materials and according to the results obtained, they presented an acceptable

agronomic behavior and obtained a yield for Guanajuato of 350 Kg and 334 Kg. respectively in the experimental unit, so it can be a viable option for Zumpango.
KEYWORDS: Yield, Corn, Creoles, Guanajuato, Michoacán.

ANTECEDENTES

El maíz es la principal especie cultivada en México y la producción de este cereal para el 2021 no superará los 24 millones de toneladas este año, una cifra significativament menor a la prevista por el Gobierno (expansión, 2021), mientras que el 2019, la superfici con rendimiento de maíz grano menor a 5 t/ha, sumó 84 % de la superficie cultivada, donde se obtuvieron 14 millones 789 mil 348 toneladas de un total de 27 millones 228 mil 242 toneladas. Para este año, se espera un incremento de un cinco por ciento lo que signific que se estima sobrepasar las 28 millones de toneladas de maíz. Los pequeños productores aportan alrededor de 60 % de la producción nacional, al unirse con los medianos productores (de hasta 10 t/ha), suman el 91 % de la superficie sembrada, lo que significa que juntos aportan alrededor del 75 % de la producción nacional de maíz. En más del 75 % de esta superficie se utiliza semilla de variedades criollas, las cuales además de estar adaptadas a las condiciones climáticas y tecnológicas de los productores, poseen características que les permitan responder a sus gustos alimenticios y preferencias. El maíz es la base de la alimentación de los mexicanos, por representar la mitad del volumen total de alimentos que se consumen cada año y proporcionar a la población cerca de la mitad de las calorías requeridas. Durante más de 300 generaciones, las comunidades rurales e indígenas mexicanas han sido los guardianes de los nichos ecológicos brindando múltiples razas de este cereal. Este hecho es trascendental en la historia y la cultura de los mexicanos y un legado para la humanidad (Hernández, 2010). La diversidad genética presente en los maíces criollos les confiere mucha plasticidad y les permite una gran capacidad de adaptación a diferentes ambientes, de ahí la importancia de tener caracterizadas las regiones agroecológicas óptimas para la producción de un genotipo ideal.

Las evidencias indican que México es un centro de origen del maíz y los maíces criollos representan reservorios de diversidad genética (germoplasma) que han evolucionado a lo largo de miles de años de cultivo en una gran variedad de razas genéticamente distintas. Éstas se han adaptado a condiciones locales específicas de altitud, precipitación, temperatura, calidad de suelos, resistencia a plagas y enfermedades. Este germoplasma puede ser la clave de la agricultura actual por contener colecciones génicas únicas. Muchos de estos maíces no han sido estudiados desde casi ningún punto de vista de importancia comercial (agronómico, calidad nutricional, propiedades bioquímicas, funcionales y nutracéuticas, ni se ha evaluado su variabilidad genética entre otros).

Actualmente México cuenta con 64 variedades de maíz criollo, de los cuales 59 son nativos y sometidos a una selección por parte de los agricultores, proceso realizado durante

generaciones. Sin embargo, el maíz criollo se ve amenazado por la pérdida de cultivos nativos, los cambios en las tecnologías de cultivo de maíz, los mercados cambiantes, cambios de políticas, las preferencias culturales, la urbanización y el cambio climático (Forbes Women, 2021).

Pero las razas criollas de maíz en importantes zonas del estado de México han sido sustituidas por híbridos y otras variedades mejoradas. Algunos caracteres heredables varían de una manera continua. Los caracteres cualitativos pueden seguir una distribución normal. Esta variación continua es resultado tanto de diferencias en el genotipo como de la influencia de factores ambientales en parte del fenotipo de manera visual. Es por ello la preocupación por conservar la diversidad genética existente.

Debido a lo anterior ha surgido la inquietud de trabajar con maíz criollo con la finalidad para fincar las bases de un programa que permita recuperar maíces de color en el Centro Universitario UAEM y llegar a cumplir con la demanda que tienen estas por la gran demanda que tiene en cuanto a subproductos (Tortillas, quesadillas, tlacoyos, etc.) por las personas que visitan esta región.

OBJETIVOS: GENERAL Y ESPECÍFICOS

General

- Caracterización y rendimiento de dos maíces criollos pozoleros de los Estados de Guanajuato y Michoacán con respecto a sus componentes, con el fin de ser considerado como alternativa de producción en la Zona Agrícola del Municipio de Zumpango y áreas circunvecinas.

Específicos

Evaluación de los componentes de rendimiento de los maíces criollos bajo condiciones de temporal en el Municipio de Zumpango.

Determinar el rendimiento de los maíces criollos bajo de temporal, bajo la metodología de cálculo de rendimiento.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente proyecto de investigación se llevará a cabo en uno de los terrenos del Centro universitario UAEM Zumpango de la Universidad Autónoma del Estado de México, que se encuentra ubicado en el municipio de Zumpango, y tienen una ubicación geográfic de 19°40’ 50’’ N y a 99° 06’00’’ W (Ramírez, 1999).

Este municipio presenta un clima templado subhúmedo, que es la variante menos húmeda de los templados, con lluvias en verano y un porcentaje menor de 5 mm y su temperatura más cálida, se encuentra entre 18 C° y 19 C°, la región tiene una constitución

litológica que se refiere a la composición de roca madre resultando diferentes tipos de suelo. Aproximadamente el 85% esfeozen, rico en materia orgánica y nutrientes; es una tierra parda de gran fertilidad para la agricultura de riego y de temporal. En el norte, en menor proporción, se tiene cambios, suelo joven poco desarrollado que es altamente susceptible a la erosión y muy pobres en materia orgánica (Ramírez C.A. 1999).

Material Vegetativo utilizado

Se utilizará semilla de maíz criollo pozolero de color del Estado de Guanajuato y de Michoacán.

Área experimental.

La parcela experimental se utilizará una superficie con las siguientes dimensiones 14 metros de ancho x 30 metros de largo dando un área de 420 m^2, se realizará un surcado de 0.80m dándonos diecisiete surcos y se sembrará a una distancia entre plantas de 0. 25m, de dando una densidad de población de 2,040 plantas. Con el fin de eliminar el efecto de bordes, se eliminarán los surcos laterales y un metro en cada cabecera, por lo que la parcela útil tendrá un área de 358m^2.

Variables evaluadas

Las variables evaluadas se medirán acorde con la metodología propuesta por el Centro Internacional de Agricultura Tropical CIAT (Muñoz et al, 1993). Los descriptores varietales de los que se utilizaron para este trabajo son las siguientes:

Altura de planta (AP). Cuando las plantas alcanzaron la madurez de cosecha, se registró la AP en cinco plantas tomadas al azar de la parcela útil, midiendo desde el punto de la unión de la raíz y el tallo hasta la base de la inflorescencia masculina

Altura de mazorca (AM). En cinco plantas seleccionadas al azar de la parcela útil, se realizó la AM desde la superficie del suelo hasta la inserción de la primera mazorca y se expreso en centímetros.

Longitud de la Hoja (LH). Se midió de la base al punta de la hoja y se expresó en centímetros de las cinco plantas seleccionadas al azar.

Longitud de la mazorca (LM). Se realizo al azar la medición de la longitud de la mazorca y se expresará en centímetros de las cinco plantas seleccionadas al azar.

Diámetro de la mazorca (DM). Se midió el diámetro de la mazorca con una cinta métrica y se expresó en centímetros de las cinco plantas seleccionadas al azar.

Rendimiento (RTO). Se calculará con base en la cosecha de la parcela útil.

Determinación del Rendimiento

Una vez que la planta de maíz ha llegado a su madurez se procederá a realizar el cálculo de rendimiento por hectárea, el cual consistirá en realizar muestreos al azar en forma de zig zag en todo el terreno, dando una distribución en 5 oros, donde cada muestra consistirá en cosechar un área de 2 x 8 m. las mazorcas colectadas se desgranarán y se

generará el peso promedio de grano por planta, ajuntado comúnmente a un contenido de humedad del 12 %. Y se determinará el cálculo del rendimiento por hectárea. Se hará una investigación documental para obtener el rendimiento de maíz criollo de la región o en su caso se realizará visitas a las oficinas de la Secretaría de Desarrollo Agropecuario en Zumpango y en el Distrito de Desarrollo Rural 074 de Zumpango de la SAGARPA

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Con la Información obtenido se procederá a realizar una estadística descriptiva la cual a través de medidas específicas y representaciones se pretende dar a conocer la información obtenida.

RESULTADOS OBTENIDOS

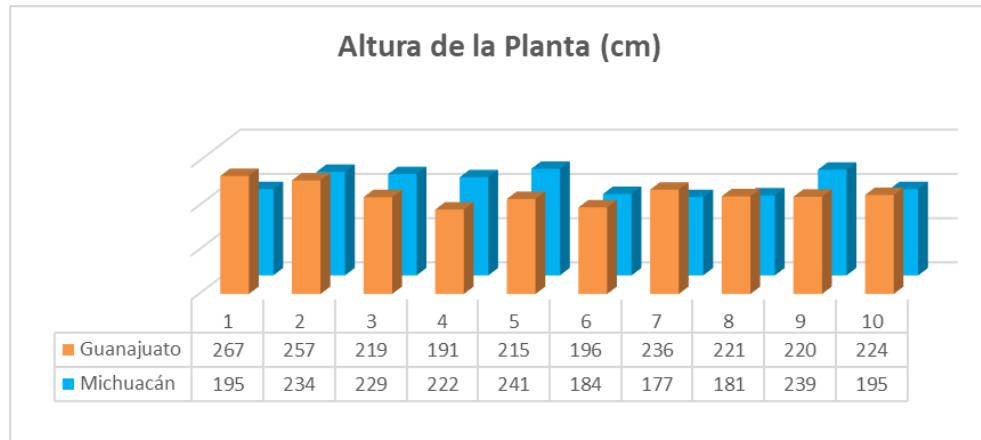
A continuación, se presentan los resultados obtenidos de los muestreos que se realizaron en campo de acuerdo con las variables de estudio consideradas en esta investigación:

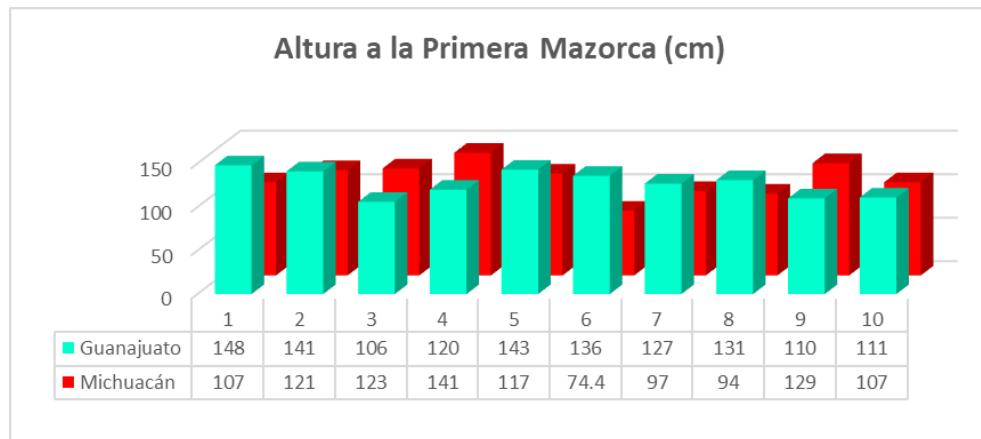
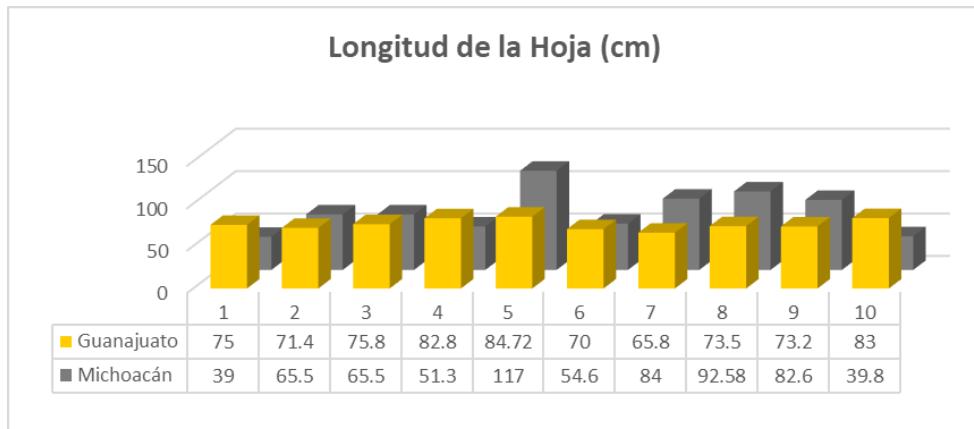
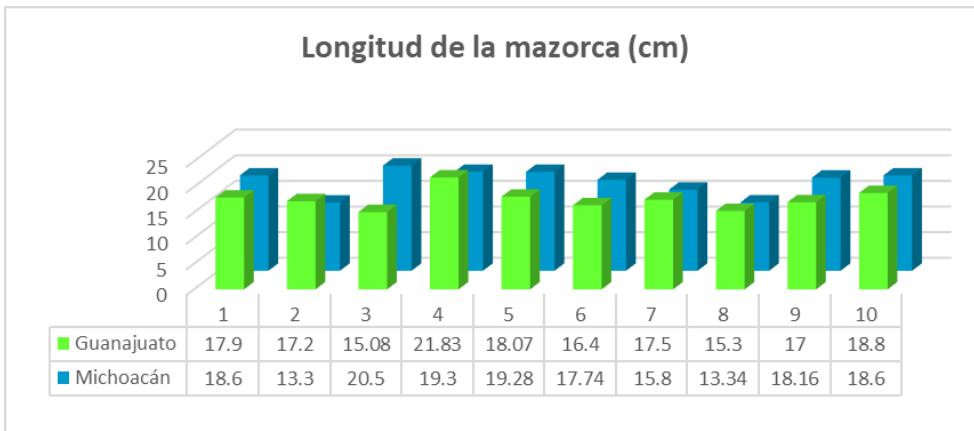
Tratamiento	Repetición	Altura de la Planta (cm)	Altura a la Primera Mazorca (cm)	Longitud de la Hoja (cm)	Longitud de la mazorca (cm)	Diámetro de la mazorca (cm)	Rendimiento (gr)
Guanajuato	1	267	148	75	17.9	13.6	210
	2	257	141	71.4	17.2	12.7	202
	3	219	106	75.8	15.08	14.21	177
	4	191	120	82.8	21.83	15.25	256.8
	5	215	143	84.72	18.07	14.43	212.5
	6	196	136	70	16.4	12.8	193
	7	236	127	65.8	17.5	14.2	206
	8	221	131	73.5	15.3	14.3	180
	9	220	110	73.2	17	13.68	200
	10	224	111	83	18.8	12.6	221
Michoacán	1	195	107	39	18.6	14.64	219
	2	234	121	65.5	13.3	14.8	156.5
	3	229	123	65.5	20.5	14.7	241
	4	222	141	51.3	19.3	14.4	227
	5	241	117	117	19.28	14.12	226
	6	184	74.4	54.6	17.74	11.16	209
	7	177	97	84	15.8	15.04	186
	8	181	94	92.58	13.34	14.92	157
	9	239	129	82.6	18.16	15.08	213.6
	10	195	107	39.8	18.6	14.64	213.6

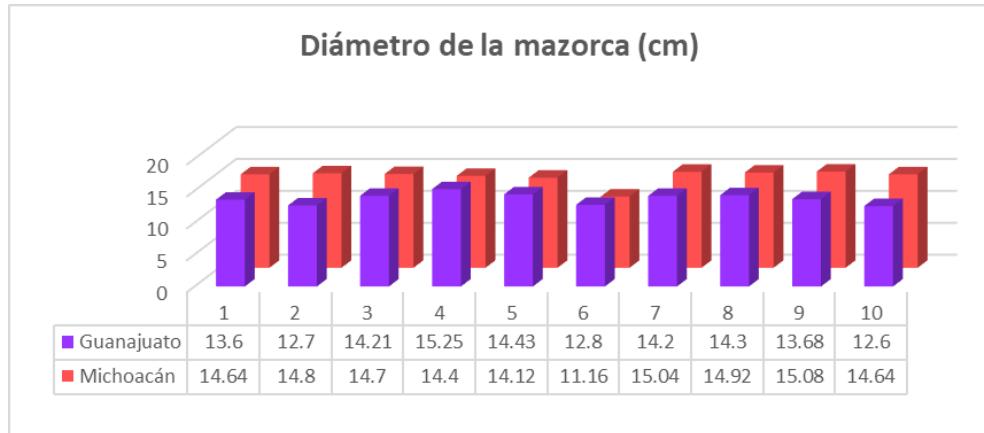
En el anterior cuadro nos reporta el promedio obtenido en cada muestreo, es importante mencionar que se realizo 10 muestreos por material evaluado.

Altura de la planta

En la siguiente gráfica nos reporta una comparación de altura de la planta entre los materiales evaluados Guanajuato y Michoacán, donde se puede observar que el maíz criollo Guanajuato presento plantas significativamente más altas que el maíz criollo Michoacán.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Guanajuato	267	257	219	191	215	196	236	221	220	224
Michuacán	195	234	229	222	241	184	177	181	239	195

En cuanto a la altura a la Primera mazorca, la siguiente gráfica nos muestra el comportamiento de los dos materiales vegetativos utilizados en este trabajo de investigación, y podemos observar que el maíz criollo del Estado de Guanajuato, presento una altura a la primera mazorca superior al maíz criollo del Estado de Michoacán, lo que origino materiales altos para la región de Zumpango, Estado de México.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Guanajuato	148	141	106	120	143	136	127	131	110	111
Michuacán	107	121	123	141	117	74.4	97	94	129	107

A continuación, se presenta la longitud de la hoja en la siguiente gráfica, donde nos muestra el comportamiento en cuanto a esta variable de los materiales criollos de los Estado de Guanajuato y Michoacán, utilizados en la investigación, podemos observar que el material de maíz de Guanajuato presento una homogenidad en cuanto a esta variable, en comparación con el de Michoacán

Con respecto a la variable longitud de la mazorca, en la siguiente gráfica podemos observar, que los materiales evaluados en este trabajo de investigación presentaron un comportamiento similar con respecto al tamaño de la mazorca.

El diámetro de la mazorca es una variable correlacionada con la longitud de esta, que en su momento nos puede reportar el comportamiento con respecto al rendimiento, podemos observar que los maíces criollos de los Estados de Guanajuato y Michoacán presentaron significativamente una uniformidad en diámetro, por lo que podemos defini

que hay ligeras diferencias.

El rendimiento es un concepto que nos define de manera más directa su adaptación y su respuesta a las condiciones ambientales de los materiales, que ha sido establecidos para reconocer su comportamiento agronómico, así mismo es la suma de los componentes del rendimiento, como altura de la planta, altura a la primera mazorca, longitud de las hojas, grosor y tamaño de la mazorca, así como el número de carreras por mazorca y numero de granos, etc. Con esto determinamos un rendimiento biológico o económico como se puede observar en la siguiente gráfica ambos materiales presentaron un comportamiento muy similar, que nos hace pensar ser considerados como una opción viable para la región en estudio.

En el Siguiente cuadro se presentan los promedio de comportamiento de las variables de estudio consideradas en esta investigación para estos dos maíces criollos de

los Estados de Guanajuato y Michoacán

Tratamiento	Altura de la Planta (cm)	Altura a la Primera Mazorca (cm)	Longitud de la Hoja (cm)	Longitud de la mazorca (cm)	Diámetro de la mazorca (cm)	Rendimiento (kg)
Guanajuato	224.6	127.3	75.52	17.51	13.78	205.83
Michoacán	209.7	111.04	74.93	17.46	14.35	204.87

Al comparar los resultados obtenidos en cuanto a las variables planteadas con el trabajo realizado por Gutiérrez y colaboradores en el 2020, al evaluar el maíz criollo rojo de Guanajuato en la región de Zumpango, ellos encontraron que para la altura de planta, el material utilizado alcanzo 2.70 mts de altura y para esta investigación los materiales Michoacán y Guanajuato fluctuaron entre 209.7 a 224.6, fueron superados significativamente con lo reportado por Gutiérrez y et.al en 2020, pero podemos mencionar que son considerado como materiales altos y comparar estos resultados con los trabajos realizados por Wellhausen en 1951 cuando realizó la caracterización del maíz Cacahuiacintle, donde él menciona que la altura promedio de este tipo de materiales es de 1.8 m de altura, los materiales utilizados en este trabajo superaron por lo mucho a los de Wellhausen, posiblemente esta diferencia se deba a las condiciones medio ambientales donde se estableció dicho trabajo y el manejo del mismo y si agregamos su potencial genético.

Para la longitud de la hoja que se obtuvo de los materiales utilizados en este trabajo de investigación fluctúo en 74.93 y 75.52 cm, y al comparar con los resultados de Gutiérrez y et.al, en 2020 fue de 88.25 cm y con los de Wellhausen en 1951, donde reporta que la longitud de las hojas en promedio es de 82.5 cm, lo que podemos mencionar que los materiales utilizados en este trabajo presentaron hojas ligeramente más cortas.

Para la altura a la primera mazorca los materiales Michoacán y Guanajuato, su respuesta fluctúo entre 111.04 y 127, al comparar estos valores con el resultado obtenido por Gutiérrez y et.al en 2020, donde ellos reportaron una altura a la primera mazorca de 128.mts, lo que podemos mencionar que el criollo de maíz de Michoacán fue el que reporto un resultado considerablemente bajo de 111.04 y que puede facilitar su cosecha.

En cuanto para la longitud de la mazorca mencionamos que con respecto a esta variable el promedio los materiales de maíz criollo Michoacán y Guanajuato fue entre 17.46 a 17.51 y al comparar con Gutiérrez y et.al , en 2020 donde evaluaron el comportamiento agronómico del maíz criollo rojo Guanajuato en Zumpango, Estado de México, ellos reportaron una longitud de mazorca de 23.66 cm y Arreguín en 2002 donde reporto que en elotes criollos de color morado provenientes de los estados de Jalisco, Michoacán y Guanajuato valores que van de 18.0 cm. a 19.6 cm. de longitud de elote, valores que

coinciden con los criollos blanco y azul. Por otra parte, Lozada en 2005 encontró en elotes criollos blancos del Sureste del Estado de Hidalgo valores de 12.11 a 17.72 cm. Podemos mencionar que el maíz obtenido en el Centro universitario UAEM Zumpango Supero a lo reportados por Arreguin en el 2002 y por Lozada en el 2005, podemos concluir que la longitud de la mazorca para los maíces criollos Michoacán y Guanajuato, están el rango considerable, en cuanto esta variable.

Con respecto al diámetro de la mazorca, los material Michoacán y Guanajuato sus medidas fluctuaron entre 13.78 y 14.35 cms en promedio y al comparar estos resultados con los que obtuvo Gutiérrez y et.al en el 2020 reportan un promedio de 14.76 cm y al realizar la comparación de este resultado con los de Lozada en 2005 que encontró en elotes criollos blancos de siete municipios del Sureste del Estado de Hidalgo, valores que oscilan entre 3.76 a 4.83 cm., y por otra parte Arreguín en 2002 encontró valores que van de 4.4 a 5.8 cm., en elotes criollos de color morado provenientes de los estados de Jalisco, Michoacán y Guanajuato, lo que podemos mencionar que el material obtenido en el Centro Universitario fue sobresaliente.

CONCLUSIONES

- Por lo anterior y con base a los resultados obtenidos podemos concluir que, el maíz criollo de los Estados de Guanajuato y Michoacán presentaron un comportamiento agronómico excelente en la región de Zumpango, por lo que podemos mencionar que la región en estudio es propicia para desarrollar proyectos de investigación con respecto a maíces criollos y establecer posiblemente las bases para un programa de mejoramiento genético con estas especies.
- Por gran variabilidad genética y diversidad de colores ha permitido una amplia utilidad, lo que hace importante seguir conservando los maíces criollos de color, por su aportación nutricional y sus usos ornamentales y decorativos como espigas para floreros, artesanías de caña de maíz, figuras con granos, collares y recubrimientos de bolas de unicel.

REFERENCIAS

Arreguin, M.D. 2002. Evaluación de maíces blancos y pigmentados con potencial elotero. Tesis de Licenciatura. Departamento de Fitotecnia. UACH. Chapingo, México.

Carballo, C., A. 1970. Comparación de variedades de maíz del Bajío y de la Mesa Central por su rendimiento y estabilidad tesis M.C. ENA, Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.

Centro Internacional de Mejoramiento del Maíz y Trigo. (CIMMYT). 1995. Manejo de los ensayos e informe de los datos para el programa de ensayos internacionales de maíz del CIMMYT. 5a Reimpresión. México, D. F. 21p.

Gutiérrez L. J. L.; Niembro G. C.A.; Reyes G.R.; Niembro G. M.C.M. 2021. Informe del proyecto de investigación Caracterización y rendimiento de dos maíces criollos pozoleros de los Estados de Guanajuato y Michoacán en el Municipio de Zumpango, Estado de México, Clave de registro ante la SIEA 6339/2021SF. Universidad Autónoma del Estado de México

Hernández C. J.M. 2010. Conocimiento de la diversidad y distribución actual del maíz nativo y sus parientes silvestres en México, Segunda Etapa 2008-2009. Comisión Nacional para el conocimiento y uso de la Biodiversidad.

Lozada, M. A. 2005. Selección de maíces criollos del sureste del estado de Hidalgo con la mejor calidad nixtamalera para la industria de la tortilla. Tesis de Licenciatura. UAEH, Tulancingo Hidalgo.

Muñoz, G., Giraldo, G. y Fernández DE S. J 1993. Descriptores Varietales Arroz, frijol, maíz, frijol. Cali, Centro Internacional de Agricultura Tropical-CIAT. 85 - 108 p.

Ramírez, C.A. 1999. Zumpango (monografía Municipal). Toluca, México. pp. 19-27.

Ortiz, S. C. A.; Gutiérrez, C. M. C. y Nieves, F. J. 2005. Estimación de rendimientos de maíz con el método FAO en el ejido de Atenco, Estado de México. Rev. Geografía Agríc. 35:57–65.

REFERENCIAS ELECTRÓNICA

https://expansion.mx/economia/2021/03/24/mexico-incumplira-su-meta-de-produccion-de-maiz-en-2021.

https://www.forbes.com.mx/forbes-women-mexicana-rescate-maiz-criollo-nutrientes/

CAPÍTULO 4

EFECTO DEL PRE-TRATAMIENTO Y TEMPERATURA EN LA CINÉTICA DE SECADO Y VARIACIÓN DE COLOR EN EL AGUAYMANTO DEL ECOTIPO ALARGADO SELECCIÓN CANAÁN

Data de aceite: 03/10/2022

Marianela Díaz Lloclla
Universidad Nacional José María Arguedas, Facultad de Ingeniería, Escuela profesional de Ingeniería Agroindustrial
Andahuaylas – Apurímac – Perú

Fredy Taipe Pardo
Universidad Nacional José María Arguedas, Facultad de Ingeniería, Escuela profesional de Ingeniería Agroindustrial
Andahuaylas – Apurímac – Perú

María del Carmen Delgado Laime
Universidad Nacional José María Arguedas, Facultad de Ingeniería, Escuela profesional de Ingeniería Agroindustrial
Andahuaylas – Apurímac – Perú

RESUMEN: El secado constituye uno de los métodos que permite separar un líquido de un sólido con la finalidad de alargar la vida útil de un producto. En esta investigación se estableció por objetivo, evaluar el efecto de pre-tratamiento con 3, 4 y 5 % de metabisulfito de sodio (Na2S2O5) y temperaturas de 50, 60 y 70 °C, sobre la cinética de secado (tiempo) y variación de color en coordenadas (CIELAB). La cinética de secado se evaluó mediante el registro de la pérdida de peso del fruto del aguaymanto en el tiempo y la variación del color inicial y final, se evalúo utilizando un colorímetro (konica minolta) modelo CR-400 en las coordenadas L* a* b*, las cuales representan, L*= Luminosidad, a*= coordenadas rojo/verde (+a indica rojo, -a indica verde) b* = coordenadas amarillo/azul (+b indica amarillo, -b indica azul). Para el análisis estadístico se empleó un diseño experimental de tipo factorial 32, donde se aplicó el análisis de varianza ANOVA seguido por la gráfica de efectos principales e interacción con un nivel de confianza del 95 % y significancia de 0.05, para ello se utilizó el paquete estadístico de STATGRAPHICS Centurión XVI.I y Excel 2013. Los resultados muestran un efecto significativo del pre-tratamiento y la temperatura sobre la cinética de secado (tiempo), debido a que el valor-p es menor a la significancia prefijada α=0,05; se observó que los tiempos empleados durante el secado son: 21.7, 21.3 y 22.0 horas a 50 °C; 15.0, 14.3 y 14.3 horas a 60 °C; 10.0, 9.3 y 9.0 horas a 70 °C demostrándose que a mayores temperaturas y concentraciones de Na2S2O5 los tiempos de secado son menores. Las curvas de velocidad de secado muestran claramente dos periodos, el periodo de velocidad constante y decreciente. Con respecto al color se observó que L* disminuye al incrementar la concentración de Na2S2O5 y la temperatura (p-valué < 0.05), Asimismo los cromas de saturación a* y b* presentaron variaciones a medida que incrementa la concentración del pre-tratamiento y la temperatura (p valué > 0.05), del mismo modo la variación total de color (ΔE*), (p-valué < 0,05), los resultados muestran como valor mínimo de 11.69 ± 0.84 con 3 % de metabisulfito de sodio a 50 °C y máximo 33.08 ± 1.18 con 3 % de metabisulfito de sodio a 70 °C de temperatura.

PALABRAS CLAVE: Pre-tratamiento, Temperatura, Cinética de secado, color y metabisulfito de sodio.

ABSTRACT: The dry is one of the methods that allows to separate a liquid from a solid for the purpose of the useful life of a product. In this research was established by objective, the effect of previous FMT6treatment with 3, 4 and 5 % of sodium metabisulfite ($Na_2S_2O_5$) and temperatures of 50, 60 and 70 ° C, on drying kinetics and time was evaluated. Of color in coordinates (CIELAB). The kinetics of drying is evaluated by recording the weight loss of the water fruit in time and the variation of the initial and final color, is evaluated using a colorimeter (konica minolta) model CR-400 at the coordinates L * a * b *, which represent, L * = Luminosity, a * = red / green coordinates (+ a indicates red, -a indicates green) b * = coordinates yellow / blue (+ b indicates yellow, -b indicates blue). For the statistical analysis, an experimental design of factorial type 32 was used, where the analysis of variance ANOVA was applied followed by the graph of main effects and the interaction with a level of confidence of 95 % and significance of 0.05, for which it was used the statistical package of STATGRAPHICS Centurión XVI.I and Excel 2013. The results show a significant effect of the pretreatment and the temperature on the duration of the technique, which means that it is lower than the prefixed significance α = 0.05; The workers lay down during drying: 21.7, 21.3 and 22.0 hours at 50 °C; 15.0, 14.3 and 14.3 hours at 60 °C; 10.0, 9.3 and 9.0 hours at 70 °C, demonstrating that at higher temperatures and concentrations of $Na_2S_2O_5$, drying times are shorter. The curves of speed of periodic descent, period of constant and decreasing speed. With respect to color it is seen that L * decreases with increasing concentration of $Na_2S_2O_5$ and temperature (p-value <0.05), also the saturation aromas a * and b * complement each other as the pre-treatment concentration and temperature increase (p value> 0.05), in the same way the total variation of color (ΔE *), (p-value <0.05), the results show as a minimum value of 11.69 ± 0.84 with 3 % sodium metabisulfite at 50 ° C and maximum 33.08 ± 1.18 with 3 % sodium metabisulfite at 70 ° C temperature.
KEYWORDS: Pretreatment, temperature, drying kinetics, color and sodium metabisulfite

1 | INTRODUCCIÓN

El secado constituye uno de los métodos que permite separar un líquido de un sólido, por evaporación en una corriente gaseosa, (Ocon y Tojo, 1968). En general el secado significa la remoción de cantidades de agua relativamente pequeñas de un cierto material biológico (en especial los alimentos), se usa como técnica de preservación (Geankoplis, 1978). El aguaymanto es una especie vegetal nativa de los Andes, crece entre los 1000 a 3000 m.s.n.m de altitud. Es perenne, herbácea, arbustiva y fuertemente ramificada, no climatérica, que se debe consumir cuando el capuchón se haya secado completamente y el fruto se desprenda de la planta espontáneamente. Es conocida como uchuva, pero a nivel internacional se le conoce como *Physalis*. Para la elaboración de productos es importante conocer la composición química, grado de madurez y calidad de la fruta fresca, información que sirve para orientar sobre los diferentes productos procesados (Brito *et al*., 2012). Se adapta fácilmente a una amplia gama de condiciones agroecológicas. En el mercado internacional su aceptación es muy alta debido a su exquisitez, tiene un alto valor nutricional y se le han atribuido propiedades medicinales (Fernández, 2013). Los

frutos como el aguaymanto constituyen un grupo de alimentos indispensables para nuestra salud y bienestar, especialmente por su aporte en fibra, vitaminas y minerales. El Perú produce una gran diversidad de frutas, uno de estos frutos es el aguaymanto. Por el alto contenido de agua, este fruto se hace propenso al deterioro por agentes microbianos. Por ende, es necesario evaluar métodos alternativos para su transformación que garanticen su conservación en el tiempo. Por lo expuesto anteriormente y aprovechando el auge del fruto. En la presente investigación se estudió a los frutos de Aguaymanto planteándose la pregunta ¿Cuál es el efecto de pre-tratamiento y temperatura en la cinética de secado y variación de color, en el aguaymanto (*Physalis peruviana* L.) del ecotipo alargado selección Canaán? De esta investigación se deduce la importancia de evaluar las curvas de cinética de secado que nos dan idea del tiempo necesario de secado, también se evaluó la variación de color de los frutos de aguaymanto comparando la variación de color del fruto fresco con los deshidratados a 50, 60 y 70 °C. Para ello se utilizó las coordenadas de color propuesta por CIELAB. Actualmente se encuentra poca información respecto a la cinética de secado de los frutos del aguaymanto razón que nos motivó para desarrollar la investigación.

2 | MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Lugar de ejecución

Las pruebas experimentales se realizaron en los laboratorios de Química y Control de Calidad de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional José María Arguedas, ubicado en el barrio Santa Rosa, Av. 28 de Julio N° 1103, Distrito de Talavera – Provincia de Andahuaylas – Región Apurímac.

2.2 Población y muestra

2.2.1 Población

Se consideró como población a los frutos del aguaymanto (*Physalis peruviana L.*) ecotipo alargado selección Canaán cultivados en la Estación Experimental Agraria INIA, ubicado en el centro poblado de Chumbibamba Distrito de Talavera, Provincia de Andahuaylas, Región Apurímac. La estación experimental Agraria INIA Chumbibamba se encuentra al oeste de Andahuaylas limitado entre los puntos cartográficos latitud 66°65´19.23´´E, longitud 84°91´097.14´´S, a 2860 m.s.n.m de altura y temperatura de 18 a 22 °C. Los frutos de aguaymanto fueron cosechados en el mes de diciembre en su estado de madurez comercial.

2.2.2 Muestra

Para obtener la muestra se realizó un muestreo intensional, que consistió en recolectar 3 kg de los fruto del aguaymanto (*Physalis peruviana* L.), las cuales fueron

recolectadas teniendo en cuentas las siguientes características: Frutos frescos, maduros, sanos, con una máxima coloración amarillo naranja.

Los frutos recolectados fueron transportados en un cooler para evitar la acción directa de la luz, luego se transportó al laboratorio de la Universidad Nacional José María Arguedas.

2.3 Metodos

2.3.1 Métodos estadísticos

a. Diseño factorial 3x3: 3^2

Se utilizó un diseño experimental del tipo factorial 3^2 con 3 repeticiones por tratamiento.

b. Operacionalización de variables

N° de Tratamientos	Pre-tratamiento (%)	Temperatura (°C)	Cinética de secado (h)	Variación de color (L*a*b*)
1	3	50	C1	L*, a*, b* ∆E*
2	4	50	C2	L*, a*, b* ∆E*
3	5	50	C3	L*, a*, b* ∆E*
4	3	60	C4	L*, a*, b* ∆E*
5	4	60	C5	L*, a*, b* ∆E*
6	5	60	C6	L*, a*, b* ∆E*
7	3	70	C7	L*, a*, b* ∆E*
8	4	70	C8	L*, a*, b* ∆E*
9	5	70	C9	L*, a*, b* ∆E*

Tabla 1: Variables de salida y entrada

Nota. La variable de entrada correspondiente a pre-tratamiento con “Metabisulfito” ($N_2S_2O_5$), expresada en porcentajes (%); y “Temperatura”, en grados Celsius (°C). Las variables de salida “Cinética de cesado”, representada en horas (h), el color en coordenadas de L* (luminosidad), a* (saturación de verde-rojo), y b* (saturación de azul-amarillo) y ∆E* Variación total de color.

2.3.2 Métodos de análisis

Pre-tratamiento con metabisulfito de sodio ($Na_2S_2O_5$)

Para realizar el pre-tratamiento se ha ceñido a la metodología propuesta por (Gómez, 2009), que consistió en sumergir los frutos durante 1 min a las concentraciones de 3, 4 y 5 % de $Na_2S_2O_5$ a temperatura ambiente y posteriormente la solución se drenó por 2 min en los 9 diferentes tratamientos. Después de eliminar la solución de pre-tratamiento, se secaron los frutos utilizando paños absorbentes y se registraron el peso total de la materia

prima, utilizando la balanza, además se determinó el peso promedio del fruto.

Determinación de la humedad

El contenido de la humedad inicial de los frutos del aguaymanto se determinó por triplicado, según el método N° 930 de la A.O.A.C (1990). Se registró el peso inicial de los frutos del aguaymanto por medio de una balanza analítica, luego fueron llevadas a la estufa a 105 °C y al cabo de 05 horas se retiraron de la estufa, finalmente se llevaron a u desecador por 30 a 45 min, tras su enfriamiento se registró el peso final de los frutos secos mediante una balanza analítica.

Evaluación de la cinética de secado

Se utilizó el método descrito por Morante (2017), que consistió en 40 g de aguaymanto previamente pre-tratadas y acondicionadas, fueron colocadas en una bandeja de acero inoxidable de 12 x 10 cm, llenado por completo la base del recipiente, de tal manera que sólo quede expuesta a la corriente de aire de secado la superficie superior de la materia prima. La pérdida de peso durante el secado se determinó retirando y pesando la muestra en una balanza analítica, tal como se muestra en la Figura 7. El pesado de cada muestra se realizó cada 20 minutos hasta que el peso de las muestras no varié (peso constante). El secado fue a las temperaturas de 50, 60 y 70 °C y a las velocidades de 2.0 m/s para los 9 tratamientos respectivamente con tres replicas para cada caso.

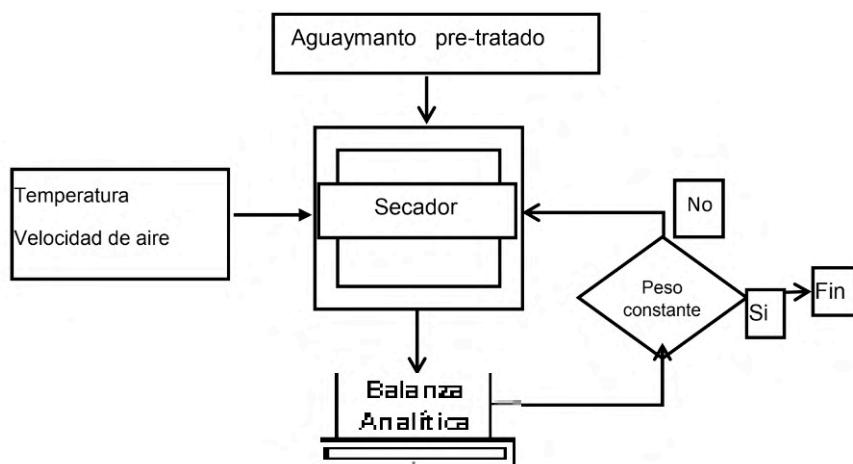



Figura 3: Metodología para determinar la cinética de secado de los frutos de aguaymanto. Adaptado de “Evaluación de parámetros adecuados en la deshidratación del aguaymanto” Tesis de pregrado Universidad Nacional de Piura-Perú.

Construcción de la curva de secado y velocidad de secado

Para realizar los cálculos y gráficos de las curvas de secado y velocidad de secado del fruto mencionado, se utilizó la metodología propuesta por Ocon y Tojo (1968).

La curva de secado se construyó de acuerdo a la Ecuación. 01 y 02

$$Xt = PM_n - P_{SS} \ (kg \ H_2O) \qquad (Ec. \ 01)$$

Dónde:

X_t = Humedad total, PM_n = Peso de la muestra en cada punto, Pss = Peso de sólido de la muestra.

$$X = \frac{X_t}{P_{ss}} \left(\frac{kg \ de \ H2O}{kg \ de \ solido \ seco}\right) \qquad (Ec. \ 02)$$

Dónde:

X= Humedad libre en solido seco, X_t= Contenido de humedad total P_{ss} = Peso de solido seco de la muestra.

La curva de velocidad de secado se construyó de acuerdo a la Ecuación. 03

$$W = \frac{m_s \ \Delta X}{A \Delta t} \qquad (Ec. \ 03)$$

Dónde:A = área del materia a secar, ΔX=variación de humedad libre, m_{ss}= masa de solido seco y = variación de tiempo.

Determinación de la variación de color

Para determinar el color se tomaron 03 muestras aleatorias del fruto fresco, así como del producto deshidratado sometido a diferentes temperaturas; luego se estimó el valor promedio por cada tratamiento. El equipo de medición utilizado fue el colorímetro Konica Minolta CR400, el cual fue calibrado antes de hacer las mediciones usando una placa de cerámica blanca como referencia. Las mediciones se realizaron utilizando la escala de color recomendada para usos industriales. CIELAB de coordenadas cromáticas L*, a* y b* a partir de la cual se calculó la variación total de color (ΔE*) con la siguiente ecuación:

$$\Delta E^*_{ab} = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \qquad (Ec. \ 04)$$

C. RESULTADOS Y DISCUSIONES

d. Cinética de secado

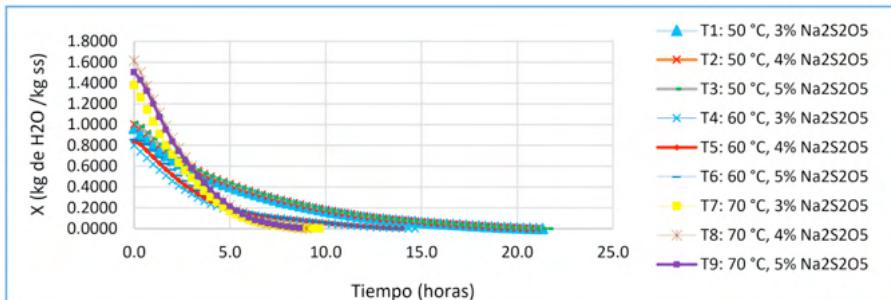



Figura 4: Curvas de secado a las temperaturas de 50, 60 y 70 °C. Las curvas describen un típico comportamiento de decrecimiento exponencial. Gráfico obtenido en el software EXCE de Microsoft Office (2016)

Todas las curvas muestran una clara tendencia exponencial con un (X) que disminuyen rápidamente a medida que la temperatura del aire de secado es mayor. Como era de esperar, se observó que el tiempo de secado para alcanzar el contenido de humedad de equilibrio disminuyó a medida que la temperatura aumenta. Se observa que las curvas de secado a 50 °C y diferentes concentraciones de $Na_2S_2O_5$, necesitaron tiempos más largos a comparación de las otras dos curvas. Se aprecia que decrece hasta las 10 horas y luego las pérdidas son mínimas cada 20 minutos haciendo que la curva se vuelva casi constante. Para la temperatura de 60 °C y diferentes concentraciones de $Na_2S_2O_5$, los tiempos de exposición fueron de (15, y 14.3 horas) se observa que las curvas van desde el inicio en forma decreciente hasta las 6.7 horas, pasado este tiempo la pérdida de humedad es mínima con poca variación conforme pasa el tiempo, haciéndose una curva casi constante. Para la temperatura de 70 °C y diferentes concentraciones de $Na_2S_2O_5$, el tiempo de exposición fue menor, utilizando (10, 9.0 y 9.3 horas), se observa que hasta las 5 horas las curvas se muestran en periodo decreciente y luego de este tiempo la pérdida de humedad es menor haciéndose que sea un poco más constante. Al respecto Geankoplis (1998) menciona que la migración por difusión de la humedad contenido en un alimento es el mecanismo predominante en el secado de la mayoría de los alimentos, tal es el caso de los vegetales. Patrones similares fueron reportados por Morante (2017), en el deshidratado del aguaymanto a 55, 65 y 75 °C, manifiesta que el mayor tiempo empleado fue a la temperatura de 55 °C (21 horas) y el tiempo menor a 75ºC, utilizando 8 horas y 30 minutos, Por otra parte, Espinoza, (2011), en el secado de los frutos de murtilla a 40 °C, 50 °C Y 60 °C reporta que los empleados fueron: 1410; 480; 210; 720; 270; 120; 510; 195 y 90 minutos para los tratamientos 1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8 y 9 respectivamente. Además, (López *et al.,* 2008), en el secado de la uchuva, reporta que las curvas durante el secado muestran una clara tendencia exponencial con un X (humedad) disminuyendo rápidamente a medida que la temperatura del aire de secado es mayor. Adicionalmente (Duque *et al.*, 2011) al evaluar la eficiencia de la reducción del agua de frutos de la uchuva por medio de métodos

de secado con aire caliente y secado combinado con aire caliente y microondas a 35 °C en ambos casos, manifiesta que la uchuva entera, secada por SAC-MW y por SAC, alcanzó el equilibrio a las 10h y a los 121h, respectivamente.

Al efectuar el análisis de varianza ANOVA para la cinética de secado, existe un efecto estadístico altamente significativo ($P<0.05$) de la temperatura y el pre-tratamiento con un nivel de confianza del 95 % mas no la interacción de estas variables ($P>0.05$). Las temperaturas altas contribuyen a que la humedad se libere rápidamente del alimento en forma de vapor, mientras que a bajas temperaturas el vapor no se elimina y crea una atmósfera saturada en la superficie del alimento que reduce la velocidad de eliminación de agua y por consiguiente mayores tiempos de secado (Potter y hotchkiss, 1999). Los resultados estadísticos con respecto al efecto de la temperatura sobre el tiempo de secado, concuerdan con lo reportado por (Hernández *et al.,* 2011), en la cinética de secado del jitomate a las temperaturas de 50, 55 y 60 °C, (Espinoza, 2011) para los frutos de murtilla a las temperaturas de 40, 50 y 60 °C, (López et al., 2008) para el aguaymanto a temperaturas de 60, 70, 80 y 90 °C, (Morante, 2017) a 55, 65 y 75 °C, (Juntamay, 2010) a 60, 70 y 80 °C, (Giraldo, 2009), a 62 °C y (Duque *et al.,* 2011) a 35 °C por el método de secado combinado aire caliente y microondas.

e. Curvas de velocidad de secado.

Las figuras 5, 6 y 7 presentan los cambios en la velocidad de secado (W) como una función del contenido de humedad (X) para todos los tratamientos, basados en los valores obtenidos. Las muestras secadas a 70 °C presentaron las mayores velocidades de secado seguido de los secados a 60 °C y finalmente con lenta velocidad de secado fueron las muestras secadas a 50 °C.

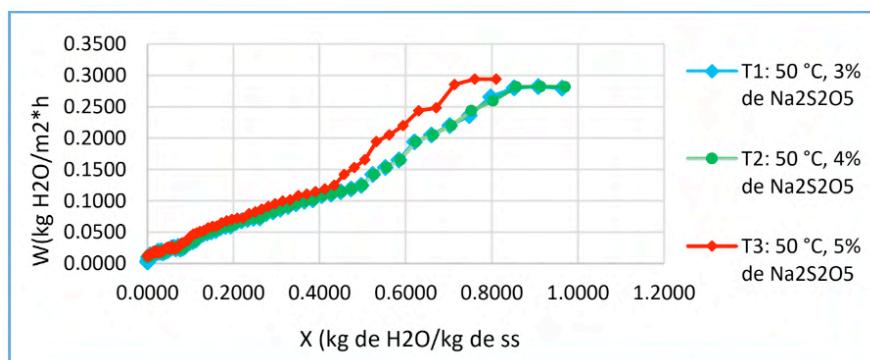



Figura 05: Curva de velocidad de secado a 50 °C. Las curvas describen 2 fases la constante y la decreciente. Gráfico obtenido en el software EXCE de Microsoft Office (2016

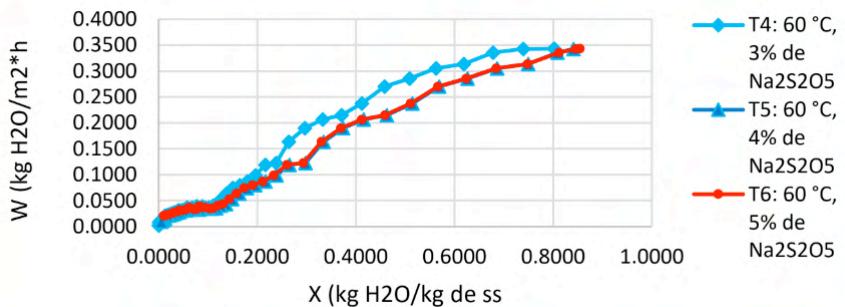



Figura 06: Curva de velocidad de secado a 60 °C. Las curvas describen 2 fases la constante y la decreciente. Gráfico obtenido en el software EXCE de Microsoft Office (2016

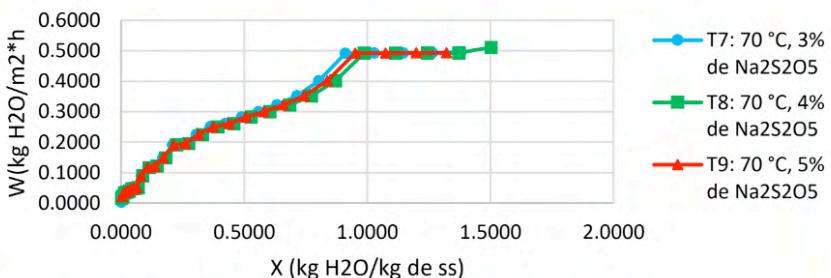



Figura 07: Curva de velocidad de secado a 70 °C. Las curvas describen 2 fases la constante y la decreciente. Gráfico obtenido en el software EXCE de Microsoft Office (2016)

Se evidencia que a medida el contenido de humedad libre en la matriz del producto va reduciéndose la velocidad de secado decae, pero con bastante fluctuación. Estos resultados concuerdan con estudios previos en el secado de frutas y vegetales como el aguaymanto (Morante, 2017), y tomate (Gómez, 2009). Como se puede apreciar en las figuras la velocidad de periodo decreciente fue mayoritariamente la que predominó en todas las muestras durante el secado a diferentes temperaturas y pre-tratamientos. Esto significa que el mecanismo físico que genera el movimiento de la humedad en las muestras es gobernado predominantemente por difusión de vapor de agua o agua ligada a través del tejido seco hacia el aire seco en velocidades cada vez más lentas que la velocidad de evaporación desde la superficie (Doymaz, 2014). Asimismo, se aprecian que todos los tratamientos presentan dos periodos de secado: periodo constante y decreciente; el periodo de secado constante ocurrió para los tratamientos T7, T8 en mayor proporción seguida de los tratamientos T4, T9, T1, T2 y T3; pero los tratamientos T5 y T6 presentaron básicamente el periodo de velocidad decreciente. Según (Geankoplis 1998), los materiales coloidales y fibrosos como vegetales y otros productos alimenticios, se contraen al

eliminarse la humedad, lo que tiene como efecto el desarrollo de una capa superficial dura e impermeable al flujo de líquido o de vapor, lo que disminuyó la velocidad de secado. (Giraldo et al., 2009) manifiesta que el periodo donde se elimina la mayor cantidad de agua, corresponde al periodo de velocidad constante, en la presente investigación se liberó la mayor cantidad de agua en el periodo mencionado a las temperaturas de 70 °C seguido por 60 °C y paulatinamente a 50 °C. Las curvas representadas son similares a los obtenidos por (Morante, 2017) aguaymanto, (Gómez, 2009), rodajas de tomate, (Muñiz et al., 2013), trozos de papaya.

f. Determinación de la variación del color

En la tabla 4 se observan los valores de los parámetros del color en coordenadas colorimétricas de los frutos de aguaymanto ecotipo alargado selección Canaán deshidratado.

Muestra	L*	a*	b*	ΔE*
Aguaymanto fresco	60.11± 0.71	40.77 ± 0.6	59.73 ± 0.63	
T1	46.44 ± 0.10	44.65 ± 0.2	50.46 ± 0.17	16.98 ± 0.60
T2	47.73 ± 0.51	42.40 ± 0.2	52.10 ± 0.68	14.67 ± 0.62
T3	50.07 ± 0.40	40.53 ± 0.23	53.78 ± 0.58	11.69 ± 0.84
T4	45.12 ± 0.40	47.38 ± 0.13	48.04 ± 0.71	20.15 ± 1.18
T5	46.05 ± 0.55	46.47 ± 0.21	49.45 ± 0.48	18.36 ± 1.11
T6	47.46 ± 0.18	44.67 ± 0.16	49.92 ± 0.66	16.51 ± 1.04
T7	37.47 ± 1.05	44.31 ± 1.02	35.94 ± 1.77	33.08 ± 1.78
T8	38.33 ± 1.12	43.23 ± 1.05	37.66 ± 1.00	31.00 ± 1.18
T9	38.56 ± 1.05	41.16 ± 1.0	40.53 ± 0.73	28.00 ± 1.09

Tabla 2: Coordenadas colorimétricas L* a* b* y ΔE* del aguaymanto deshidratado

Nota. De acuerdo al número de tratamientos para el diseño experimental, se determinaron las coordenadas L* a* b*, mediante el colorímetro KONICA MINOLTA modelo CR-400 del Laboratorio de Control de Calidad de la UNAJMA (2018) y la ΔE se determinó al realizar los cálculos.

A continuación, se muestran las coordenadas L* a* b* en el software Corel Draw para frutos frescos y deshidratados.

a. Fruto fresco

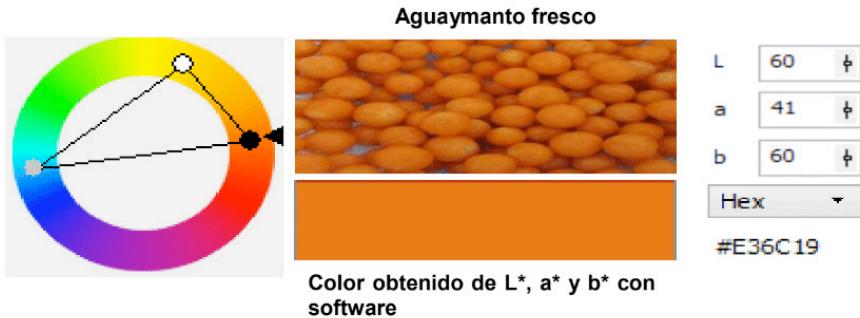



Figura 08: Imagen del color de fruto fresco y los valores de L*, a* y b* con el software Corel Draw x7

En la figura 08 se observa el color del fruto fresco, un color anaranjado intenso, en las coordenadas L*, a* y b* introducidos al software, presenta el código #3E6C19.

Los resultados obtenidos respecto a las coordenadas L*:60.11 ± 0.71; a*: 40.77 ± 0.6; b*: 59.73 ± 0.63 en los frutos frescos, son mucho mayores que los reportados por (Velásquez, 2017), L*: 50,20 ± 2,78; a*: 20,70 ± 1,06; b*: 56,43 ± 0,86 para el ecotipo cajamarquino y L*: 56,70 ± 4,72; a*: 24,37 ± 1,26; b*: 58,06 ± 2,40 para el ecotipo Acomayo. Esto quiere decir que el aguaymanto estudiado es más anaranjado intenso, que los estudiados por este autor, esto también se debe a la variedad y los factores eco fisiológicos

b. Fruto deshidratado a 50 °C

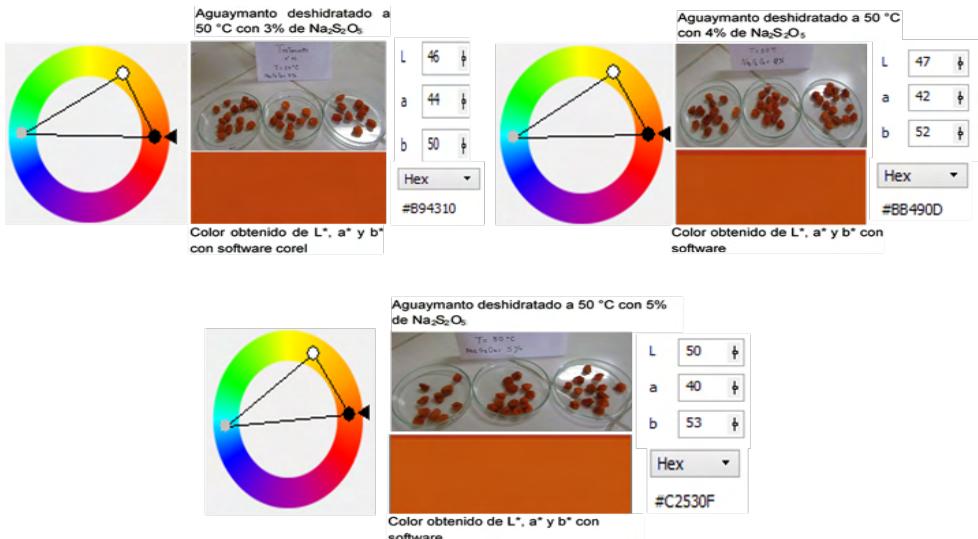



Figura 09: Imagen del color de los frutos deshidratados a 50°C en el espacio L*, a* y b* con el software Corel Draw x7

En la Figura 09 se observa el color del fruto deshidratado a 50 °C, la menor variación

en las coordenadas L* a* b*, fue en los frutos pre-tratados con 4 % y 5 % de metabisulfit de sodio. Donde los valores de L* y b* aumentan mientras a* disminuye.

c. Fruto deshidratado a 60 °C

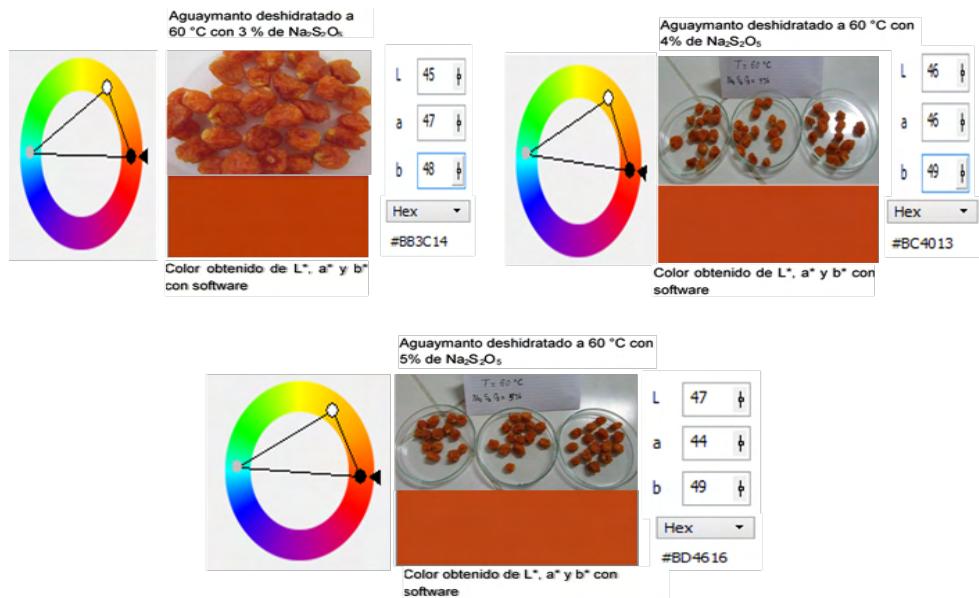



Figura 10 : Imagen del color de los frutos deshidratados a 60 °C en el espacio L*, a* y b* con el software Corel Draw x7

En la Figura 10 se observa el color de los frutos deshidratados a 60 °C, la menor variación en las coordenadas L* a* b*, fue en los frutos pre-tratados con 4 % y 5 % de metabisulfito de sodio, donde la luminosidad L*, el croma b* aumentan mientras el croma a* disminuye.

d. Fruto deshidratado a 70 °C

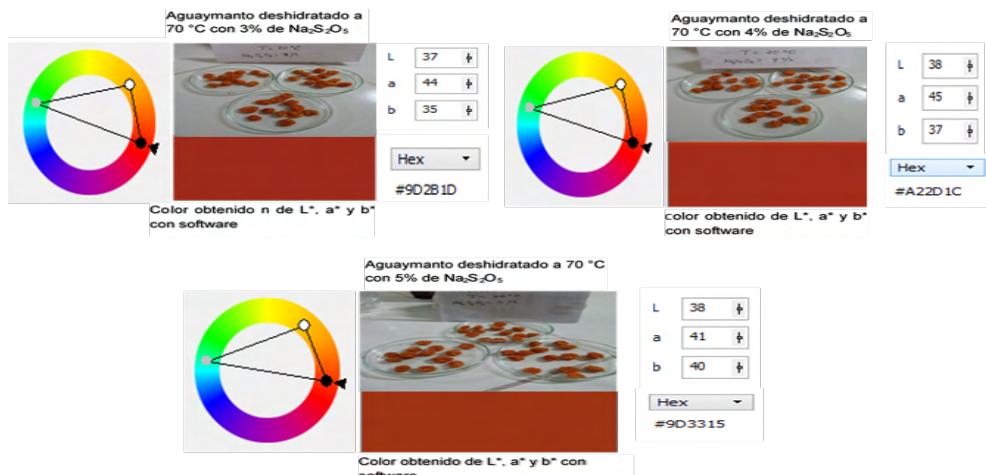



Figura 11: Imagen del color de los frutos deshidratados a 70 °C en el espacio L*, a* y b* con el software Corel Draw x7

En la Figura 11 se observa el color de los frutos deshidratados a 70 °C, la menor variación en las coordenadas L* a* b*, fue en los frutos pre-tratados con 5 % de metabisulfit de sodio.

*Valor L**

Según la literatura, la variable L* representa la luminosidad, cuando el valor es cercano a 0 el color es totalmente oscuro o negro, y cercano a 100 es un color blanco; por tanto, conviene que resulte valores altos y positivos. El valor sobresaliente es con la combinación a un nivel de 5 % de metabisulfito de sodio y 50 °C de temperatura, seguido de 5 % de metabisulfito de sodio a 60 °C de temperatura. Los otros tratamientos tienden valores inferiores a 46.05.

Al aplicar el ANOVA para L* se aprecia que el pre-tratamiento y la temperatura presentan un efecto significativo sobre la luminosidad ($P<0.05$) y la interacción de estas variables. En la figura (Figura 09) se observa que a mayor concentración de metabisulfito y menor temperatura el fruto es más luminoso.

*Valor a**

La literatura indica si el valor de a* es negativo equivale a un color verde, si es positivo a rojo, por lo tanto, los valores positivos serán los convenientes, donde el tratamiento 3 es diferente a los demás con un nivel de 5 % de metabisulfito de sodio y a una temperatura de 50 °C. Los valores de a* aumentan para todas las temperaturas en comparación con los frutos frescos. Es decir, tienden paulatinamente a rojo. El ANOVA para a* indica que el

pre-tratamiento influye significativamente ($P<0.05$). En la figura (Figura 10) se aprecia que a menor concentración de metabisulfito de sodio y temperatura aumenta el valor de a*.

*Valor b**

Asimismo, los colores b*, que es el indicador de la variación de un color azul a amarillo, disminuyen considerablemente en comparación al fruto fresco, a medida que aumenta la temperatura y disminuye la concentración de metabisulfito. Al aplicar el ANOVA, el pre-tratamiento y la temperatura influye significativamente sobre el valor de b*. En la figura (Figura 11) se observa que a mayor concentración de metabisulfito y menor temperatura el fruto tiende más al color amarillo.

Valor de ΔE^*_{ab}

La diferencia total del color ΔE^*_{ab} entre los frutos secos a las diferentes temperaturas y pre-tratamientos muestran que a medida incrementa la concentración de pre-tratamiento (solución de $Na_2S_2O_5$ al 3, 4 y 5 %) y la temperatura existe menor variación del color, es decir existe diferencia significativa, ($P < 0.05$) este mismo evento se observa en la Figuras 22 donde el efecto de la temperatura es mayor a diferencia del pre-tratamiento.

De los resultados obtenidos de la experiencia con respecto a la variación total de color, la menor variación corresponde al tratamiento 3 (50 º C, 5 % de $Na_2S_2O_5$) donde el valor de la variación total de color (ΔE) fue 11.69 ± 0.84, y el tratamiento 7 (70 º C, 3 % de $Na_2S_2O_5$) presentó la mayor variación de color (ΔE) ya que se obtuvo un valor igual a 33.08 ± 1.78. Autores como (Duque et al., 2011) al evaluar la variación de color (ΔE) en uchuva y la mora entera y en mitades por medio de métodos de secado con aire caliente (SAC) a 35 °C y secado combinado de aire caliente y microondas (SAC- MW) a 35 ºC. Conluye que la temperatura no presentan una influencia directa en la modificación del color a estas temperaturas. Este resultado muestra claramente que a menores temperaturas las variones en color son menores en el secado de los frutos como aguaymanto. Por otro lado, (Muñiz *et al.,* 2013) en la deshidratación de papaya (*Carica papaya* L.) a 40 y 60 °C , menciona que la menor variación en el color se obtuvo en la fruta deshidratada a 40 °C-1,5 m/s y 40 °C-2,5 m/s, según valores de *ΔE y croma obtenidos.

3 | CONCLUCIONES

Existió un doble efecto significativo ($p<0,05$) entre el pre-tratamiento y la temperatura, la variable más influyente fue la temperatura seguido por el pre-tratamiento sobre el tiempo de secado, el aumento de cualquiera de estas variables implicó una disminución del tiempo.

Las curvas de velocidad de secado a las temperaturas de 50, 60 y 70 °C, muestran dos periodos: el periodo de velocidad constante en donde se retiraron mayor cantidad de agua y el periodo de velocidad decreciente.

Con respecto al color, los valores de la coordenada a* mostraron una tendencia a aumentar (significativamente). La coordenada b* a disminuir al comparar las muestras deshidratadas con respecto a las muestras frescas y la coordenada L* tiende a disminuir, a medida que la temperatura y la concentración de $Na_2S_20_5$ incrementa.

En cuanto a la variación total del color (ΔE) la temperatura de secado y el pre-tratamiento presentaron un efecto estadísticamente significativo. Presentando una variación mayor a temperaturas altas y concentraciones de meta bisulfito de sodio ($Na_2S_2O_5$) menores.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional José María Arguedas y a la Estación Experimental Agraria INIA-Chumbibamba-Talavera - Andahuaylas.

REFERENCIAS

A.O.A.C. (1990). Official method of analysis. Association of official analitical chemists. Gaithersburg

Brito, D. (2002). Agro exportación de productos no tradicionales, productores de uvilla para exportación. Boletín Quito, Ecuador.

Espinoza, J. (2011). Aplicación de un proceso de secado asistido infrarrojo para la deshidratación del fruto de murtilla (Ugni molinae Turcz) (Tesis de pregrado) Universidad de chile, Santiago, chile.

Geankoplis, C. (1998). Procesos de transporte y principios de procesos de Separación (4ta ed.): Editorial Patria.

Giraldo, A., Arévalo, A., Ferreira, A., Ferreira, P., Valdez, J., y Menezes, M. (2010). Datos experimentales de la cinética del secado y del modelado matemático de la pulpa de cupuacu (Theobroma grandiflorum) en rodajas. Ciencia Tecnología de Alimentos 30(1), 179-182.

Giraldo, R., Vargas, T., y Gil, H., Torres, M. (2009). Mejoramiento del proceso de deshidratación de la uchuva. Revista Publicaciones e Investigación • ISNN: 1900-6608 • Vol. 3 No. 1 •

Gómez, M. (2009). Deshidratación de tomate saladette en un secador de charolas giratorias (Tesis de pregrado). Universidad Tecnológica de Mixteca, Oxaca, México.

Hernández-Rodríguez, J., & Fernández-Castillo, A., & Quinto-Diez, P., & Flores-Murrieta, F., & Acosta-Olea, R. (2011). Estudio de la cinética de secado de jitomate (Solanum lycopersicum L.). Científica, 15 (3), 125-130.

Lopez, J., Vega, A., Miranda, M., Torres, M., y Puente, L. (2008). Secado de uchuva (Physalis peruviana L.): Modelamiento matemático y relaciones con los parámetros del modelo de capa fina. Centro de Estudios Avanzados en Zonas *Áridas.*

Morante, A. (2017). Evaluación de los parámetros adecuados en el deshidratado de aguaymanto (Physalys peruviana Linnaeus) para ser recubierto con chocolate (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Piura, Piura. Perú.

Muñiz, S., Hernández, A., García, A., y Méndez, L. (2013). Empleo del método de secado convectivo combinado para la deshidratación de papaya (Carica papaya L.), variedad Maradol roja. Ciencias Técnicas Agropecuarias 22, 31-37.

Ocon, J. y Tojo, G. (1968). Problemas de Ingeniería Química. Tomo II. Ediciones Aguilar.

Potter, N y J, Hotchkiss. 1999. Ciencia de los alimentos. Editorial Acribia S.A. Zaragoza – España.

CAPÍTULO 5

ESTIMULACIÓN DE LA GERMINACIÓN DE SEMILLAS DE TRIGO POR EXPOSICIÓN A CAMPOS MAGNÉTICOS ESTACIONARIOS

Data de aceite: 03/10/2022

Edwin Huayhua Huamaní
Universidad Nacional de Juliaca

Juan Manuel Tito Humpiri
Universidad Nacional de Juliaca

José Luis Pineda Tapia
Universidad Nacional de Juliaca

Julio Cesar Laura
Universidad Nacional de Juliaca

RESUMEN: El campo magnético está disponible en la naturaleza e influye al reino animal y las plantas. El trigo es una de las cosechas más importantes en la región del altiplano, ya que se considera como una fuente alimentación para el ser humano y para los animales como forraje. Este estudio se centra en los impactos que producen los campos magnéticos estacionarios, durante el proceso de germinación de semillas de trigo, estas semillas fueron expuestas a intensidades de 0,42 mT y 6,27 mT, se contrastaron con una muestra testigo. Se encontraron que los campos magnéticos producen efectos positivos, beneficiosos en la germinación de semillas de trigo. En general, las variables de reacción del grupo de prueba demostraron un estándar de conducta positivo al llegar al valor máximo en comparación con el grupo control testigo.

PALABRAS CLAVE: Campo magnético, germinación, semillas, trigo.

1 | INTRODUCCIÓN

El campo magnético es la región invisible que ejerce una interacción magnética a sustancias o materiales que son sensibles al magnetismo y que la atracción conocida como magnetismo ocurre cuando hay un campo magnético presente, estas variaciones pueden generarse gracias a la cercanía de un imán, con una corriente eléctrica o con un campo eléctrico oscilante. Al ser una fuerza magnética invisible, el magnetismo se encuentra en la vida diaria sin que lo notemos, pero eso no significa que estemos fuera de su influencia, ya que de manera natural (Campo magnético terrestre) o artificial se puede presentar en objetos que contienen imanes o materiales ferromagnéticos, e incluso en seres vivos. El magnetismo juega un rol muy importante por el efecto que generan sobre el crecimiento celular (Pothakamury *et al.*, 1993b), efectos de estimulación o inhibición de los campos magnéticos a cambios en la orientación de las biomoléculas (proteínas), cambios en las biomembranas (lipídicas y plasmáticas), alteraciones del flujo de iones a través de la membrana plasmática y/o cambios en la estructura de las biomoléculas (Pothakamury *et al.*, 1993a). El bioelectromagnetismo es el estudio de los efectos de los campos electromagnéticos sobre los sistemas biológicos y sus interacciones con los campos magnéticos naturales y artificiales (Carbonel, 2013)

Los parámetros o variables fisicoquímicas más importantes en cualquier proceso biotecnológico y que requieren ser controladas para el buen desempeño de los organismos implicados son la temperatura, pH, concentración de nutrientes, presión, luminosidad, grado de agitación y concentración de O_2, además todos los cuerpos sobre la faz de la tierra, están sometido al efecto de otras variables menos tangibles, pero igualmente importantes, como los campos electromagnéticos (Polk y Postow, 1986; Ueno y Harada, 1982). El efecto que los campos eléctricos y magnéticos ejercen sobre el crecimiento celular, este efecto ha sido estudiado desde el punto de vista biofísico, pero su aplicación a la biotecnología no se ha estudiado de forma profunda; sólo en algunos estudios se han dedicado a microorganismos de interés biotecnológico (Hirano *et al.*, 1998; Jung y Sofer, 1997; Phillip *et al.*, 1997; Ruzic *et al.* 1998). Los campos electromagnéticos afectan la dirección de la migración (Blakemore y Frankel, 1981; Farina *et al.*, 1982, 1983; Mottas y Lins, 1986) y alteran el crecimiento y la reproducción de los microorganismos causan cambios en la síntesis de ADN (Liboff *et al.*, 1984), en la orientación de biomoléculas y biomembranas (Maret y Dransfeld, 1977) y alteran el flujo de iones a través de la membrana plasmática, generando como resultado neto una modificación en la velocidad de reproducción celular (Gerencser *et al.*, 1962). El efecto que generan los campos magnéticos sobre el crecimiento celular se puede clasifica (Pothakamury *et al.*, 1993b) en inhibitorio, estimulatorio o no observable.

Para un mejor proceso de germinación es indispensable tomar en consideración la presencia de humedad, oxígeno y temperatura adecuada. No obstante, es frecuente que las semillas no germinen aun cuando se encuentren bajo estas condiciones, esto se debe a que existe un impedimento o bloqueo en alguna parte del proceso, fenómeno conocido como dormancia (Gutiérrez, Torres & Díaz; 2014).

2 | MÉTODOLOGÍA

En este trabajo de investigación se utilizaron semillas de trigo, separados de la siguiente un grupo control y dos grupos experimentales, cada grupo conformado de 25 semillas, tomando en consideración Reglas Internacionales de Análisis de Semillas (ISTA, 2016), cada grupo experimental fue sometida a exposición permanente de campo magnético de 0,42 militeslas y otro grupo experimental a una intensidad de 6,27 militeslas, la intensidad del campo magnético fue determinada utilizando un sensor de campo magnético Newlog, instrumento con que cuenta el laboratorio de Física de la Universidad Nacional de Juliaca. Las semillas se colocaron aleatoriamente en una germinadora de plástico y dentro de ella el imán, como el campo magnético cambia de la periferia hacia el centro, las semillas se colocaron dentro de un espacio donde la intensidad del campo magnético se comporta homogénea. Las semillas fueron expuestas a campo magnético generado por un imán cilíndrico y hueco de ferrita en la dirección norte – sur, cada grupo experimental fue expuesto a un campo magnético estático como tratamiento permanente por un periodo de

14 días desde la siembra.

Para la prueba de velocidad de emergencia, como sustrato se usó un suelo franco limoso, donde cada semilla se colocaron verticalmente con el embrión hacia abajo presionando ligeramente para introducirlas al sustrato, posteriormente se cubrieron con una capa de sustrato de 1,5 cm. Diariamente se aplicó un riego en el mismo horario. La temperatura promedio fue 13,25 ºC, con una máxima de 24.5 ºC y una mínima de 2 ºC.

La emergencia se empezó a registrar a los seis días de haber sembrado la semilla, dia donde se registra la cantidad de semillas germinadas y posteriormente se realizó la medición del tamaño de las plántulas germinadas hasta el día 14.

Inducción magnética (mT)	Dirección
B_1 = 0,42	Norte - sur
B_2 = 6,27	Norte - sur
B_3 = 0 (testigo)	--

Tabla 1. Dosis de inducción magnética aplicadas a semillas de trigo por un periodo de 14 días.

Se utilizó el diseño experimental en bloques completos al azar con tres repeticiones, y la unidad experimental constó de 25 semillas para cada grupo el control y el experimental. Para comparación entre grupos se utilizó el diagrama de barras verticales.

3 | RESULTADOS

Al sexto día se observó la emergencia de las plántulas, mostrando una germinación diferenciada de las semillas expuestas a 6,27 mT respecto al de 0,42 mT y a la de testigo, también se debe tener en consideración que la exposición permanente de campos magnéticos hace que la semilla retarde su crecimiento.

Inducción magnética (mT)	Norte - sur
B_1 = 0,42	6
B_2 = 6,27	11
B_3 = 0*	3

*: Muestra testigo

Tabla 2. Número de coleoptilos emergidos al sexto día.

Inducción magnética (mT)	Día 6	Día 7	Día 8	Día 9	Día 10	Día 11	Día 12	Día 13	Día 14
B_1 = 0,42	0.4	1.2	2.1	3.5	4.4	6.3	8.8	11.5	14.0
B_2 = 6,27	0.6	1.8	3.2	4.9	6.2	8.0	9.8	13.0	15.0
B_3 = 0*	0.4	0.8	1.6	2.8	4.2	6.0	8.5	11.0	13.0

*: Muestra testigo

Tabla 3. Dimensiones de crecimiento de las plántulas del día 6 al día 14 en cm en la dirección norte - sur.

En relación a las dimensiones de crecimiento al día 14, en la tabla 3, se observa que las semillas expuestas a intensidades de 6,27 mT presentan una bioestimulación positiva respecto al grupo control.

En general, las variables de respuesta del grupo experimental presentaron un patrón de comportamiento positivo al alcanzar un valor máximo en comparación con el de grupo control testigo.

4 | DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos demuestran que la calidad fisiológica de la semilla de trigo puede mejorarse mediante la exposición a campo magnético, mejoras que se expresan en la cantidad de emergencia de los coleoptilos respecto al grupo control, también se muestra que la dosis óptima de exposición a campo magnético de las semillas de trigo para el proceso de germinación es el de 6,27 mT, ya que ésta produce efectos de bioestimulación en el desempeño germinativo de la semilla, mientras que otras dosis pueden no tener efecto de bioestimulación; es decir, el efecto depende de la intensidad magnética.

La exposición a un campo magnético estático depende de su densidad, frecuencia y del tiempo de exposición, y puede ser para estimular el crecimiento o para inhibirlo, existe relación entre campos magnéticos y sistemas biológicos, sobre todo en semillas y plantas. Los efectos sobre diversas especies de plantas que tiene el campo magnético natural de la Tierra, como magnetismo natural, y de los causados por la aplicación de campos magnéticos estacionarios (Carbonel et. al, 2017), de acuerdo a los resultados obtenidos efectivamente existe relación de los sistemas bilógicos y el campo magnético, en este caso actúa como un ente inhibidor sobre las semillas de trigo.

Los resultados aquí obtenidos confirman que la radiación electromagnética es un método viable para incrementar el vigor de la semilla, porque se traduce en incrementos en la velocidad de emergencia y porcentaje de establecimiento. También juega un rol muy importante por el efecto que generan sobre el crecimiento celular, orientación de las biomoléculas, cambios en las biomembranas, alteraciones del flujo de iones a través de la membrana plasmática (Pothakamury *et al.*, 1993a y Pothakamury *et al.*, 1993b).

5 | CONCLUSIONES

La aplicación a una exposición de 6,27 mT de campo magnético de forma permanente a semillas de trigo durante el proceso de germinación se incrementa su calidad fisiológic medida a través de la velocidad de emergencia y porcentaje de establecimiento de los coleoptilos.

De los datos obtenidos se precisa que la rapidez de germinación de las semillas sometidas a la acción del campo magnético superiores al campo magnético terrestre produce efectos sobre los organismos biológicos produciendo cambios en la permeabilidad de las membranas y la sensibilidad de los mecanismos de transporte a través de ellas.

En el promedio de altura alcanzada, se observa que las plantas sometidas a 6,27 mT y 0,42 mT pierden altura en relación a la de testigo, mostrando debilitamiento en su contextura y pérdida de color en las hojas, lo cual conlleva a un estrés a dichas plantas cuando estas son expuestas de manera permanente terminada el proceso de germinación.

REFERENCIAS

Blakemore, R., Frankel, R. (1981). Magnetic navigation in bacteria. Scientific American 245: 58.

Carbonell, M., Martínez, E., Flórez, M. (2013). Tratamiento Magnético como técnica estimulante de la germinación de semilla de soja. Ingeniería de Recursos Naturales del Ambiente, 119-127.

Farina, M., Lins, H., Mottas, D., Danon, J. (1982). Microorganismes magnetotactiques de la región de Río de Janeiro. Centro Brasilero de Pesquisas Físicas-CBPF-039. Río de Janeiro, Brasil. pp. 1-5.

Gerencser, V., Barnothy, M., Barnothy, J. (1962). Inhibition of bacterial growth by magnetic fields. Nature, Vol. 196: 539-541.

Gutiérrez, A. M., Torres, C., Díaz, J. (2014). Incidencia de campos magnética en la germinación, crecimiento y flora microbiana en plántulas de Brachiaria humidicola, Panicum maximum y Zea maiz (Poaceae). Revista de Ciencias, 9-17.

Hirano, M., Ohta, A., Abe. K. (1998). Magnetic fields e fects on photosynthesis and growth of the cyanobacterium. J. Fermentat. Bioeng. 86: 313-316.

ISTA. (2016). Reglas Internacionales para el Análisis de las Semillas. Bassersdorf, Suiza: International Seed Testing Association.

Jung, J., Sofer, S. (1997). Enhancement of phenol biodegradation by south magnetic field exposure. J. Chem. Technol. Biotechnol. 70: 299-303.

Liboff, A. (1985). Cyclotron resonance in membrane transport. Schwann Series A: Life Sci. 97: 281-296.

Maret, G., Dransfeld, K. (1977). Macromolecules and membranes in high magnetic fields. Physics 86 88B: 1077-1083.

Phillip, E., Kovacs, P., Valentine, R., Alvarez, P. (1997). The effect of static magnetic fields on biological systems – Implications for enhanced biodegradation (Review). Critical Rev. Env. Sci. Technol. 27: 319-382.

Pothakamury, U., Barbosa, G., Swanson, B. (1993a). Magnetic Fields Inactivation of Microoganisms and Generation of Biological Changes. Food Technol. Vol. 47: 85-93.

Pothakamury, U., Barbosa, G., Swanson, B. (1993a). Magnetic Fields Inactivation of Microoganisms and Generation of Biological Changes. Food Technol. Vol. 47: 85-93.

Pothakamury, U., Barletta, B., Barbosa, G., Swanson, B. (1993b). Inactivación de microorganismos en alimentos usando campos magnéticos oscilantes. Revista Española de Ciencia y Tecnología de Alimentos 33: 479-489.

Ruzic, R., Jerman, I., Gogala, N. (1998). Effects of weak low-frequency magnetic fields on spruce seed germination. Can. J. Forest Res. 28: 609-616.

Sarta, J. A., Bobadilla, J. (2005). Campos Magnéticos y sus efectos Biológicos. Ingenierías, 13-16.

CAPÍTULO 6

FACTORES NO GENÉTICOS QUE AFECTAN LA PRODUCCIÓN DE LECHE EN VACAS CARORA

Data de aceite: 03/10/2022

Marcano J.M.
Departamento de Producción Animal, Universidad Nacional Experimental Francisco de Miranda, UNEFM. Coro, Venezuela

Chirinos Z.
Departamento de Zootecnia. Facultad de Agronomía, Universidad del Zulia, LUZ. Zulia, Venezuela

RESUMEN: Se analizaron setecientas cuarenta y cinco lactancias (745) de sistemas de producción semi-intensivos, donde explotan la raza Carora en el semiárido venezolano. El objetivo fue identificar algunos factores no genéticos que influenciaron la producción lechera: producción de leche diaria, total, a 244días, a 305 días, duración de la lactancia, Edad al primer servicio, Edad al primer parto, días vacíos e Intervalo entre partos. Se realizó análisis de varianza-covarianza y prueba de medias para un GLM que incluyó efectos fijos: finca (1, 2), año de nacimiento (1997 - 2012), época de nacimiento (ene-mar, abr-jun, jul-ago, sep-dic), año de parto (2009 - 2014), numero de parto (1, …7), época de parto (ene-mar, abr-jun, jul-ago, sep-dic), la interacción año de nacimiento x época de nacimiento y covariable producción total para evaluar días vacíos (1, …4) e intervalo entre parto. Los factores número de parto, año de nacimiento y año de parto ($p<0,0001$) afectaron la producción lechera en todas sus variables, el promedio de producción diaria se incrementó del 1ro al 4to parto (11.70 a 17.56), decreciendo a partir del 7mo parto (17.21), similarmente sucedió a las demás variables productivas, las interacciones simples fueron no significativas. Los factores finca, año de nacimiento y año de nacimiento x época de nacimiento ($p<0,0001$) influyeron sobre edad al primer servicio y edad al primer parto, siendo sus medias diferentes (20.39-30.57) y (29.70-39.70) meses para la finca 1 y 2, respecto a días vacíos e intervalo entre parto estas fueron afectadas por; finca, año de parto y producción total ($p<0,05$), y las medias por finca fueron (148.53-176.16) y (434.51-463.99) días respectivamente. Concluyendo, los factores no genéticos que afectaron la producción láctea en vacas Carora fueron de orden fisiológico y ambiental (número de parto, año de nacimiento, año de parto, finca, interacción año de nacimiento y época de nacimiento y Producción total lechera.

PALABRAS CLAVE: Producción, Doble propósito, Criollo Carora, Reproducción.

NO GENETIC FACTORS AFFECTING THE PRODUCTION OF MILK COWS CARORA

ABSTRACT: Seven hundred forty-five lactations (745) of semi-intensive systems of production, which exploit the Carora breed in the Venezuelan semiarid analyzed. The aim was to identify some nongenetic factors that influenc milk production: daily milk production, total, to 244 days to 305 days, duration of lactation, age at first service, age at first calving, empty days and calving interval. A variance - covariance analysis was used and included the fixed effects: farm (1, 2), year of birth (1997,..., 2012), season of birth (jan-mar, apr-may, jul-ago, sep-dic), calving year

(2009 - 2014), calving number (1,…7), season of calving (ene-mar, abr-jun, jul-ago, sep-dic),. The interaction included was: year of birth x season of birth and total production to evaluate covariate empty days (1…4) and also calving intervals. Factors, calving number, year of birth and calving number (p <0.0001) influenced daily milk production, total, to 244 days to 305 days and duration of lactation, the average daily milk production increased from 1 to 4 delivery (11.70 to 17.56), decreasing from the 7th delivery (17.21), what happened similarly to other production variables, simple interactions were not significant. Factors farm, year of birth, year of birth x season of birth (p <0.0001) influenced age at first service and age at first calving, being different means for each farm (20.39-30.57) and (29.70-39.70) months respectively for empty days and calving interval the influenced farm, calving year, total production (p <0.05), and average per farm were (148.53-176.16) and (434.51-463.99) days respectively. In conclusion, non-genetic factors affecting milk production in cows were Carora physiological and environmental order (calving number, year of birth, calving year, farm, year of birth x season of birth, total production).
KEYWORDS: Production, Double pourpose, Creole Carora, Reproduction.

INTRODUCCIÓN

El estudio de factores no genéticos y su efecto sobre la producción de leche a pesar de ser material abundante en la literatura (Bodisco *et al*., 1974; Contreras, 1991; Chirinos *et al*., 1995; Pino *et al*., 2009; Sánchez & Martínez, 2010; Utrera *et al*., 2015), permite determinar la influencia de elementos que modulan la lactación y estos pueden cambiar en orden de importancia a través del tiempo, además permite conocer el nivel de los aspectos productivos en el que estamos situados y a los que hay que prestar atención para mejorar la eficiencia de los sistemas ganaderos doble propósito inclinados a la obtención de leche con razas locales, por lo que sus estudios no son redundantes sino complementarios y muy prácticos para orientar técnicamente a los productores.

La producción lechera depende de la eficiencia reproductiva y varias investigaciones se han realizado para estimar los indicadores productivos, reproductivos y los factores ambientales tropicales que los influenciaron en ganado doble propósito (Chirinos *et al*., 1995; Contreras *et al*., 2008; Pino *et al*., 2009; Sánchez & Martínez, 2010). América latina y el caribe poseen el 24.5% del total mundial de bovinos y el 16.5% del total de las vacas lecheras, sin embargo, producen solo el 8.5% del total mundial de leche basado en la explotación de bovinos doble propósito, en Venezuela el 90% o más de la producción láctea proviene de estos sistemas (Soto, 2004) y el ganado criollo cumple un papel fundamental en el desarrollo de la ganadería de leche del país. La producción nacional a partir del año 2009 muestra ligeros altibajos ubicándose en 1299mm de litros de leche para el año 2013, cubriendo el 43% de la necesidad nacional y las importaciones para ese periodo fueron de 1725mm de litros de leche para complementar la demanda del 57% restante, el consumo percapita, litros/persona/año se ubicó en 101.5 lo que se encuentra por debajo de las recomendaciones de la FAO (150 litros/persona/año),(CAVILAC, 2014); actualmente

la crisis social, económica y política del país seguramente haga que restrinja el consumo de leche por persona y promueva que disminuya la producción láctea nacional, a raíz de los altos costos de producción y la salida del negocio de productores poco organizados, esto representa una oportunidad para otros que deberán evaluar las poblaciones bovinas tropicales y cuantificar los factores que limitan su desempeño, para establecer las técnicas orientadas a la obtención de unidades de producción más eficientes con el compromiso de mantener la producción nacional.

La raza Carora de Venezuela tiende a considerarse un pilar fundamental de la producción de leche, debido a ser un genotipo criollo, creado en condiciones propias del país, poseer potencial productivo y reproductivo expresado, tiene capacidad variable para la modelación de la lactación y es una raza joven. Considerar algunos factores no genéticos, unos estrictamente ambientales como la finca, época y año del parto, así como sus interacciones y los inherentes al animal, permiten corroborar la importancia de controlar los efectos de estos, la influencia que ejercen sobre los registros de lactancia y el incremento o reducción de la producción del ganado lechero (Fernández & Tronco, 2011). El objetivo del presente trabajo fue identificar algunos factores no genéticos (finca, hacienda o vaquería, año de nacimiento, época de nacimiento, año de parto, época de parto) que afectan la producción lechera: producción de leche diaria, total, a 244 días, a 305 días, duración de la lactancia, Edad al primer servicio, Edad al primer parto, días vacíos e Intervalo entre partos en ganado Carora de haciendas del municipio Torres estado Lara.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación

Las fincas están ubicadas en el municipio Torres, localizado entre latitud de 9°40’ N a 10°34’ N y longitud de 69°36’ W a 70°52’ W, con un área de 6954 km^2. De acuerdo a la estación meteorológica Río Tocuyo encontrada a una altitud de 388 msnm, longitud en coordenadas UTM de 397580,3 E; latitud coordenadas UTM de 1134907,6 N; con precipitación anual promedio de 440.5mm y temperatura de 27.1^{o}C, la climatología propia de las unidades de producción ubicadas en ese sector corresponde a un clima continental mixto semiárido, con una elevación de 416 - 564msnm, temperatura de 27- 28 ^{o}C, ET_0 1250-1296mm, precipitación de 548 – 564mm, patrón estacional de lluvias en mayo y de agosto a noviembre teniendo las máximas en octubre, meses secos de 7-11, déficit de humedad de 0 – 810mm, agresividad de las lluvias de moderada a alta y de una concentración estacional a altamente estacional Figura. I, (Andrade *et al.*, 2010).

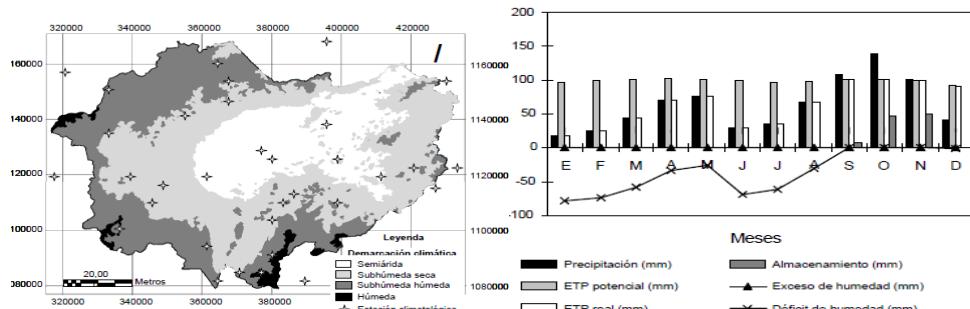



Figura I. Demarcaciones climáticas y balance hídrico del municipio Torres (*Demarcations and climatic water balance of the municipality Torres*)

Fuente (Andrade *et al.*, 2010)

Composición general de los rebaños

La composición general de los animales, obtenida a partir de los registros, es como se describe a continuación:

Carora puro (68%), 87.5% Carora, la otra raza desconocida (10%), 75% Carora, la otra raza desconocida (10%), y 50% Carora, la otra raza desconocida (10%), otras razas y mestizajes (2%).

Descripción general o manejo

En ambas unidades de producción, se utilizaba inseminación artificial (IA), con toros *Bos taurus* de la raza Carora y repaso con toros Carora. El programa de descarte se focaliza principalmente en la mejora de la eficiencia reproductiva y productiva, descartando vacas, que comparadas con sus contemporáneas muestren reducida eficiencia reproductiva y bajos niveles productivos.

En ambas fincas la alimentación de los animales se basa en semi-estabulación, pastoreo de 3 a 6 horas día, alimento balanceado en el ordeño de 2 kg en delante de acuerdo a la producción del animal, sal y minerales *ad libitum*. Los becerros se van del sistema de producción cuando la vaca pasa el periodo calostral y las hembras se dirigen a un sistema modular hasta llegar a la etapa puberal donde generalmente se alimentan con pacas, silaje, sal y minerales *ad libitum* y alimento balanceado comercial en raciones acorde con su peso y estado fisiológico

Las medidas sanitarias son similares en ambas fincas, vacunándose contra la fiebr aftosa, brucelosis, tuberculosis, leptospira, rabia y polivalente (enfermedades clostridiales). De igual modo se realizan desparasitaciones internas y externas periódicamente (cada tres a cuatro meses) y pruebas anuales de brucelosis y tuberculosis en todos los animales en edad reproductiva.

El manejo reproductivo en ambas fincas se realiza bajo un programa de IA y monta natural. Las novillas son servidas por primera vez cuando alcanzan un peso vivo entre

320-340 kg, a partir de los 17 meses aproximadamente dependiendo del peso y la edad, aunque dicho peso no fue aportado como registro. Una vez detectado el celo (con ayuda de personal entrenado, toro retajo o vacas androgenizadas) se inseminan, si no han quedado preñadas luego de tres oportunidades, son enviadas a repase por un toro, y de no quedar preñadas, se procede al descarte del animal.

En ambas fincas se realizan dos ordeños diarios. El primer ordeño se realizaba en la mañana e iniciaba alrededor de las 2:00 am y el segundo en la tarde, comenzaba aproximadamente a las 2:00 pm. El ordeño se hacía mecánicamente sin apoyo del becerro.

DATOS

El estudio se realizó con datos proporcionados por la Asociación de criadores de ganado Carora, recolectados a partir de una visita mensual en el cual se realizan pesajes de leche am y pm, además se recolectan los datos inherentes a los eventos reproductivos registrados en la unidad de producción para ser sistematizados. Estas observaciones pertenecían a dos fincas comerciales (1 y 2), localizadas en el estado Lara, municipio torres, sector rio tocuyo. (Venezuela).

Los datos utilizados en este estudio fueron registrados por el personal calificad de cada finca y representantes de la Asociación de criadores de ganado Carora durante los años 1997 al 2014. Inicialmente se contó con 6050 observaciones concentradas en 745 lactancias de vacas en producción láctea, se eliminaron las lactancias con registros menores a 150 días con el fin de reducir la variación en la producción de leche y en el caso de los indicadores reproductivos se eliminaron los outlayers (n<10).

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se realizó análisis de varianza-covarianza y prueba de medias para un modelo lineal generalizado por el método de cuadrados mínimos, que permite analizar niveles de efectos con desigualdad de número de observaciones. Para las respuestas se incluyeron efectos fijos: finca (F; 1, 2), año de nacimiento (A; 1997 -2012), época de nacimiento (E; ene-mar, abr-jun, jul-ago, sep-dic), año de parto (AP; 2009 - 2014), numero de parto (NP; 1,…7 o más partos), época de parto (EP; ene-mar, abr-jun, jul-ago, sep-dic), la interacción AxE y covariable PT para evaluar (DVAC)-(IEP).

El modelo estadístico utilizado fue aditivo, lineal y de todas las interacciones se incluyó la que resultó significativa, siendo el modelo fina

$$Yijklmno = \mu + Fi + Aj + Ek + APl + DVAC + EPm + NPn + (A \times E)_{jk} + Eijklmno$$

En donde:

Yijklmno= producción de leche diaria (PD), total (PT), a 244días (P244), a 305 días (P305), duración de la lactancia (DLAC), Edad al primer servicio (ED1S), Edad al primer parto (ED1P) e Intervalo entre partos (IEP) del animal “n”, de la finca “i”, parida en el año

“j”, y en el mes “k”, lactando en el año “l”, con días vacíos “m” y en el mes de parto“n”, con el parto o lactancia “o”.

μ = Media teórica de (PD), (PT), (P244), (P305), (DLAC), (ED1S), (ED1P), (IEP)

Fi = Efecto de finca (i= 1, 2

Aj = Efecto de año de nacimiento (j= 1997,...,2012)

Ek = Efecto de época de nacimiento (k= E1,..., E4)

APl= Efecto de año de parto (l= 2009,...,2014)

DVACm= Efecto de los días vacíos (m= 1 <=60, 2 >60<=120, 3 >120<=240, 4>240)

EPn = Efecto de época de parto (n= EP1,..., E4)

NPo = Efecto del número de parto o lactancia (o= 1,…,7 o más)

(A x E)jk = Efecto de la interacción año de nacimiento por época de nacimiento

Eijklmno = Efecto del error experimental, normal e independientemente distribuido con media cero y varianza σ^2

Las interacciones no presentadas en el modelo fueron descartadas ya que en un análisis previo no resultaron significativas (P>0,05

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, se presenta a tabla I donde se observa la descripción de las variables y sus promedios no ajustados.

Variable	Nº Obs	Media	DS	Mínimo	Máximo	CV
DLAC	675	272.22	96.48	92.00	732.00	35.44
PD	744	15.70	4.20	5.91	30.82	26.77
PLT	650	4365.11	1725.59	1403.00	9784.00	39.53
PL244	653	3781.51	1209.72	1403.00	7808.00	31.99
PL305	653	4145.35	1477.15	1403.00	9303.00	35.63
IEP	476	441.03	111.06	207.00	1127.00	25.18
ED1S	167	24.54	7.31	14.03	51.44	29.80
ED1P	167	33.78	7.25	22.89	60.62	21.46
DVAC	470	155.89	110.89	37.00	835.00	71.13
DUGES	677	287.25	5.65	271.00	304.00	1.97

DLAC: Duración de la lactancia; PD: Producción diaria; PLT; producción lechera total; PL 244: Producción de leche a 244 días; PL 305: Producción de leche a 305 días; IEP: intervalo entre partos; ED1S: Edad al primer servicio; ED1P: Edad al primer parto; DVAC: Días vacíos; DUGES: Duración de la gestación.

Tabla I. Descripción de las variables (*Description of variables*)

En la tabla II se presenta los factores no genéticos y cuáles de ellos fueron los más influyentes sobre las variables de producción, se determinó que el NP, AP y DVAC fueron

los efectos principales que modularon la producción de leche en este estudio. Aunque para DLAC el NP no resultó ser un efecto significativo su valor de p fue 0.07 lo que lo ubica muy cerca de la zona de aceptación (p<0,05). Los efectos F y EP no fueron significativos tal vez porque las unidades de producción pertenecientes a este estudio tienen manejo y nivel tecnológico similar, situación que no es común cuando se estudian varios rebaños, en estos casos la literatura es amplia y diversa en cuanto a la influencia de efectos no genéticos y se ha reportados en distintos trabajos similares a este donde de F pudiera ser el factor de variación significativo e importante (Chirinos *et al.,* 1995; Pino *et al*., 2009; Fernández & Tronco, 2011; Utrera *et al*., 2015).

Fuente	GL	PD (F)	sig	PLT (F)	sig	PL244(F)	sig	PL305 (F)	sig	DLAC(F)	sig
F	1	1.93	ns	2.23	ns	0.70	ns	1.97	ns	2.82	ns
NP	6	71.27	***	24.19	***	48.79	***	36.36	***	1.92	ns
AP	5	26.29	***	36.22	***	42.50	***	43.06	***	69.42	***
EP	3	0.52	ns	0.99	ns	2.13	ns	1.54	ns	1.24	ns
DVAC	3	3.23	**	4.72	**	2.39	ns	4.121	**	2.24	ns

F: finca; NP: número de parto; AP: año de parto; EP: época de parto; DVAC: días vacía; significación estadística (***) p <0,0001; (**) p<0,05; ns: no significativ

Tabla II. Factores no genéticos y su significación para los indicadores de producción de leche en vacas Carora (*Nongenetic factors and their significance for indicators of milk production in cows Carora*)

La producción de leche observada en sus medias no ajustadas (Tabla I) se corresponden con un nivel de producción alto en vacas Carora, mayor a 3000 kg/lactancia (Salvador & Hanh 2002; Verde, 2002), ya que las lactancias fueron producidas en finca con un tipo de explotación de corte semintensivo y en vías de intensifación por ello los promedios para las variables inherentes a la producción lechera son mayores a los de la raza y ganados mestizos doble propósito determinados en otras investigaciones (Chirinos et al., 1995; Acosta *et al*., 1998; Vaccaro *et al*., 2002; Salvador & Hanh 2002; Ramírez, 2008; Pino *et al*., 2009; Sánchez & Martínez, 2010; Fernández & Tronco, 2011; Utrera *et al*., 2015), pero similares a las producciones de ganado Holstein en las regiones tropicales y sub tropicales además, descrita por otros investigadores (Ponce de león *et al*., 1982; Castillo *et al*., 1991; López *et al*., 2009), esto debe alertar a los productores ya que, el aumento en la producción y su relación con la eficiencia fisiológica y socioeconómica debería ser proporcional en el recurso genético porque nos puede llevar a un bovino con problemas de adaptación, totalmente dependiente del hombre y antieconómico de explotar, situación que ha sucedido y está documentada en ambiente tropical (Pariacote, 2000; Madalena, 2011).

El factor F no fue significativo (p>0.05) y sostuvo un comportamiento similar para las variables de producción, como ejemplo tomaremos las medias ajustadas de PD entre fincas que fue (15.72 y 15.67) lo que demuestra que hay poca variación, en ambiente y de

manejo entre ellas. Otras investigaciones han determinado que este factor fue significativ y causo variación en las variables respuesta (Chirinos, *et al*., 1995; Salvador & Hanh 2002; García *et al*., 2007).

El efecto del NP ($p<0.0001$) sobre la variables de producción de leche PD, PLT, Pl244, PL305, demostró que aumentaron los promedios de las variables (ajustados) hasta el 4to parto a; 17.56, 5005, 4334, 4830, respectivamente y se mantuvieron hasta el sexto parto, disminuyendo a partir del séptimo parto a; 17.21, 4528, 3972, 4308, respectivamente, situación que concuerda con lo observado por (Chirinos, *et al*.,1995; Acosta *et al*., 1998; Carvajal *et al*., 2002; Salvador & Hanh 2002; Pino *et al*., 2009; Fernández & Tronco, 2011), aunque Salvador & Hanh 2002 escriben, que el NP no fue significativo para las variables de producción lechera en vacas de nivel de producción bajo <2000 Kg/lactancia. El NP no fue significativo ($p>0.05$) para la DLAC aunque se puede decir que en este caso las medias ajustadas para las lactancias mas cortas fueron las numero 3 con 259 días y las mas largas fueron las numero 7 con 289 días, con una media general menor a la reportada por varios autores (Ponce de león *et al*., 1982; Carvajal *et al*., 2002; Salvador & Hanh 2002; Vaccaro *et al*., 2002) para Holstein tropicalizado y grupos mestizos y parecidas a la determinada en algunos grupos de animales cruzados por Chirinos *et al*., 1995; Verde, 2002 y Utrera *et al*., 2015.

La época de parto no fue significativa ($p>0.05$) y está descrito que cuando los tipos de explotación son semintensivos o intensivos esto es normal, ya que en estos sistemas de producción de leche en la alimentación de los animales tiene alto peso el suministro de alimento balanceado, lo que elimina las posibles diferencias asociadas a la escasez (Carvajal *et al*., 2002). En este estudio, los resultados pueden deberse a que los pastos se encontraban bajo condiciones de riego y a que se manejaba la suplementación, otros autores en diferentes escenarios han encontrado influencia de la época sobre la producción de leche, cuando la base de la alimentación ha sido el pastoreo (Chirinos *et al*., 1995; García *et al*., 2007; Utrera *et al*., 2015).

El AP fue un factor altamente significativo ($p<0.0001$) y sus promedios ajustados para la producción lechera fueron; la PD fue mayor en los años 2012 (16.11) y 2014 (17.44) y menor en los años 2009 (12.07) y 2010 (14.02). En cuanto a la PLT el mejor año fue el 2011 (5049) y el peor el 2009 (2931) siguiendo el mismo patrón para PL244 (4190 y 2637), PL305 (4720 y 2856), así como la DLAC que fue mayor 2010 (328) y 2011 (322) y menor en el 2009 (164). Las diferencias obtenidas en producción de leche entre años posiblemente se debieron a los cambios ambientales que inciden periódicamente en la producción y en los periodos de los extremos debido a que el estudio se realizó por años y no por lactancias completas. Según algunos autores (González *et al*., 1996; Carvajal *et al*., 2002), las diferencias en producción por año son del 1 al 2%. Las variaciones climatológicas de un año a otro repercuten en la fisiología propia del animal, así como también en cambios en los sistemas de alimentación y manejo de las fincas, esto ha sido expresado por muchas

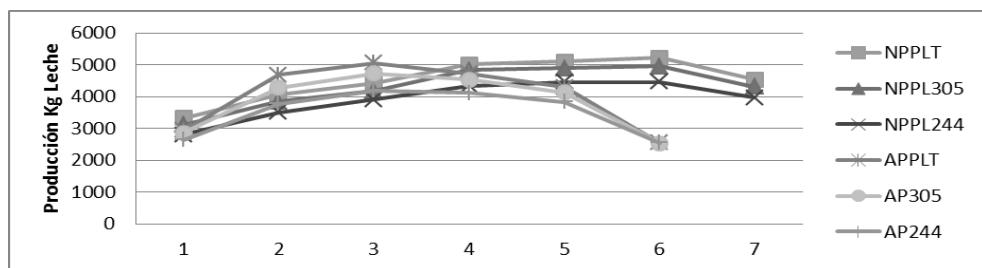
investigaciones (Salvador & Hanh 2002; Carvajal *et al*., 2002; García *et al*., 2007, Pino *et al*., 2009). A continuación, Figura II, se presenta la distribución de la producción de leche y su tendencia en función de los efectos NP y AP 2009=1, 2014=6.

NPPLT: numero de parto producción de leche total; NPPL305: numero de parto producción de leche 305 días; NPPL244: numero de parto producción de leche 244 días; APPLT: año de parto producción de leche total; APPL305: año de parto producción de leche 305 días; APPL244: año de parto producción de leche 244 días

Figura II. Tendencia de producción de leche por número de parto (NP) y año de parto (AP), (*Milk production trend for parity (NP) and year of birth (AP)*

El efecto DVAC fue significativo (p<0.05) para la mayoría de variables de producción de leche observándose una media general de 155.89 días, ligeramente mayor a la demostrada para ganado mestizo (128 d) por, Chirinos *et al*., 1995 quienes además señalan que valores por encima de los 100 días en el trópico reflejan mayores dificultades para concebir, en el ganado *Bos taurus*, aun mas si poseen alta carga genética de Holstein o Pardo Suizo por lo que debemos presumir que esta condición o efecto es propia de la fisiología animal mas que del manejo de la finca. Para PD, PLT, P244 y PL305 mientras mas días vacías presentaban los grupos de animales (>240) mayor fue la producción de leche (18.30, 5123, 4362,4868) y mientras menos días vacías presentaban los grupos de animales (<60) menor fue la producción de leche (13.84, 3948, 3390,3734). Sobre la variable DLAC esta fue no significativa, pero estuvo muy cercano a l valor de aceptación (p 0.08) y su valor medio fue 272

La eficiencia reproductiva es lo más importante en un rebaño bovino, se hace necesario que de la vaca nazca un becerro para que comience producir leche y en el sentido del sistema doble propósito aparte de reemplazos debe producir carne también, una eficiencia reproductiva alta refleja buenas prácticas de manejo; sanitario, alimenticio, y reproductivo, la media del IEP (441.03) y lo idealizado es de 365 a 400 días (González, 1985; González, 2006) , en este estudio es mayor además, es diferente al presentado por algunos autores (Pérez & Gómez, 2009; Rincón *et al*., 2000) y similar al presentado por otros (verde, 2002; López *et al*., 2009). La media para variable DVAC (155.89), es mayor a los promedios presentados en varios trabajos (Chirinos *et al*., 1995; Acosta *et al*., 1998; Ramírez, 2008) debiendo el valor deseable aproximarse a 100 días (González, 2006),

valores menores a los presentados en esta investigación generalmente se encuentran en ganado cruzado *Bos t* x *Bos i* y valores altos en los *Bos taurus* puros (Chirinos *et al*., 1995), en la Tabla III se observa que la F, AP y PLT fueron los efectos importantes (p <0.05) sobre la respuesta (IEP y DVAC), El NP y la EP no fueron significativos (p >0.05)

Fuente	GL	IEP (F)	sig	DVAC (F)	sig
Finca	1	4.37	**	3.96	**
NP	6	0.72	ns	0.55	ns
AP	5	2.49	**	2.73	**
EP	3	0.68	ns	0.75	ns
PLT	1	19.49	***	18.79	***

F: finca; NP: número de parto; AP: año de parto; EP: época de parto; PLT: producción lechera total; significación estadística (***) p <0,0001; (**) p<0,05; ns: no significati

Tabla III. Factores no genéticos y su significación para los indicadores reproductivos intervalo entre partos (IEP) y días vacíos (DVAC) en vacas Carora (*Nongenetic factors and their significance for reproductive indicators calving interval and empty days in Carora cows*)

El IEP fue 434.51 y 463.99 d para las fincas 1 y 2 con una diferencia de 29 d, similar al encontrado en el resto de la literatura que oscila entre 26 y 110 días y mayor a 22 d que fue reportado por Pino *et al*., 2009, sin embargo las diferencias entre fincas de la misma zona o de zonas distintas pueden ser muy variables como han evidenciado otros autores (Chirinos *et al*., 1995; Rincón *et al*., 2000; Verde, 2002). El número de parto no fue significativ pero está registrado que el IEP entre el parto 1 y 2 es mayor que los obtenidos en vacas multíparas (Chirinos *et al*., 1995; Rincón *et al*., 2000; Pino *et al*., 2009), en este estudio también se observó. El AP 2010 cuyo valor de IEP fue 382, es el mejor año a diferencia de los demás (2011 – 2014) donde su valor de IEP promedia fue 446 + o – 5d lo que no concuerda con otros autores (Chirinos *et al*., 1995; Rincón *et al*., 2000; Pino *et al*., 2009), quienes determinan una disminución gradual del IEP en los años de sus estudios, infiriend que una disminución gradual en la producción de leche tiene un efecto positivo sobre los parámetros reproductivos, además de que en un mejor año influye sobre la disminución del IEP el cambio de características ambientales que mejoran la alimentación de las vacas lecheras, lo que se traduce en la mejora de la característica reproductiva, en nuestra investigación tal vez lo que sucede es que un mayor nivel tecnológico obliga a controlar rigurosamente los aspectos de manejo forrajero, nutricionales y sanitarios, que se refleja en IEP similares a través de los años y por supuesto esto concuerda con haber determinado un efecto de EP no significativo. La PLT está estrechamente relacionada con el IEP ya que a medida que el rebaño produzca mas leche la condición económica prevalecerá y al aumentar la PD y DVAC hay un alargamiento del IEP, si el nivel de producción se estabiliza a través de los años el estimador será mas o menos constante, observación que concuerda

con algunos autores para ganados de alta producción *Bos taurus* (Aranguren *et al.,* 1994; García *et al*., 2009; Pino *et al*., 2009), no comportándose de igual manera para ganado mestizos doble propósito a un nivel tecnológico bajo (Chirinos *et al*., 1995; Pino *et al.,* 2009).

La media de DVAC tuvo fuerte variación y la diferencia entre fincas fue 148.53 y 176.16 para las fincas 1 y 2 respectivamente, los efectos que influenciaron esta variable fueron los mismos que para IEP y estas dos variables están estrechamente relacionadas entonces, el manejo de la unidad de producción, el nivel de producción del rebaño y el año de parto son influyentes para obtener valores deseables para la variable DVAC, debemos recordar que la causa principal de descarte en un rebaño lechero es la fertilidad por tanto debe ser una meta de todo productor la reducción de los días vacíos para mejorar el intervalo parto concepción (Vaccaro, 2006), varios autores concuerdan que a mayor el nivel tecnológico y porcentaje de genes *Bos taurus* el número de días vacíos es mayor en el rebaño (Chirinos *et al*., 1995; Rincón *et al*., 2000; Salvador & Hanh, 2002; Ramírez, 2008). En la Figura III podemos observar el comportamiento de IEP y DVAC por número de partos

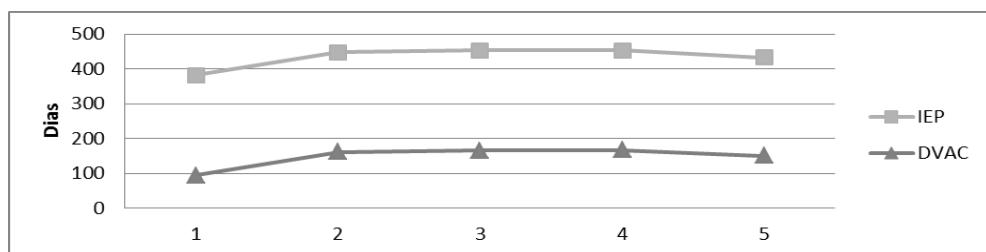



Figura III. Comportamiento del Intervalo entre partos (IEP) y días vacios (DVAC) por número de Parto (NP), (*Behavior of the Interval between calving (IEP) and empty days (DVAC) by calving number (NP)*

La Tabla IV identifica los efectos significativos que influyeron en EP1S y ED1P que son características importantes, por qué a edades avanzadas a un primer servicio y primer parto traerán como consecuencias de retardos en el retorno de los beneficio económicos en el rebaño. Las vacas que paren temprano en su vida productiva obtienen más becerros, generan más lactancias y mayor producción de leche por vida, que las que tienen su primer parto de forma tardía. Para rebaños doble propósito ha sido señalado un promedio general no ponderado ED1P de 42,4 meses con un intervalo de 32,8 a 48,2 meses pero, lo ideal sería adelantar la ED1P a 30 meses (Chirinos *et al*., 1995; Vergara *et al*., 2009; Osorio & Segura, 2010; Sánchez & Martínez, 2010; Ramírez, 2008), lo que se corresponde con los valores que se hallaron en nuestro estudio 24.54 (EP1S) y 33.78 (ED1P) que se ubican dentro del rango. La ED1P depende de la edad al primer servicio, un programa de levante de las hembras de reemplazo, acorde a la condición particular de cada finca incidirá en una menor edad al primer servicio y por ende, en una menor ED1P.

Los factores ambientales que comúnmente afectaron las variables fueron F, A y E, entre otros. La época de nacimiento afecta la ED1P debido a variaciones en la disponibilidad de forraje entre el periodo seco y el lluvioso, mientras el año de nacimiento determina diferencias en las condiciones ambientales de un año a otro, así como cambios en las prácticas de manejo sanitario, alimenticio y general del rebaño además, el efecto finc es una de las fuentes de variación exógenas importante afectan la ED1S y ED1P debido a las diferencias ambientales, de manejo alimentario y sanitarios entre otros; así como a las decisiones particulares de los propietarios o gerentes de cada unidad de producción (Sánchez & Martínez, 2010).

Fuente	GL	ED1S (F)	sig	ED1P (F)	sig
Finca	1	4.37	***	3.96	***
AN	5	0.72	***	0.55	***
EN	3	2.49	ns	2.73	ns
AN x EN	15	0.68	***	0.75	***

F: finca; AN: año de nacimiento; EN: época de nacimiento; Interacción AN x EN; significación estadística (***) p <0,0001; (**) p<0,05; ns: no significativ

Tabla IV. Factores no genéticos y su significación para los indicadores reproductivos de edad al er servicio (ED1S) y edad al 1er parto (ED1P) en vacas Carora (*Nongenetic factors and their significance for reproductive indicators of age at 1st service (ED1S) and age at 1st birth (ED1P) in Carora cows*)

En las fincas en estudio se encontró diferencias entre la ED1S y ED1P (F1; 20.39-30.57 y F2; 29.70-39.70), estos resultados concuerdan con estudios similares que reportan las diferencias entre fincas alrededor de 10.5 meses y generalmente se deben a manejo alimenticio y condiciones sanitarias (Villasmil *et al*., 2008, Vergara *et al*., 2009) y diferente a otros autores que reportan una diferencia de 3.7 meses atribuibles a las mismas causas (Sánchez & Martínez, 2010). El año de nacimiento resultó ser un efecto significativo y tiene importancia debido a que mas que las condiciones climáticas tal vez las decisiones gerenciales influencien los parámetros en estudio situación concordante con otras investigaciones (Villasmil *et al*., 2008, Osorio & Segura, 2010; Sánchez & Martínez, 2010). La interacción A x E fue significativa lo que indica que el efecto de época a través de años no fue constante sino diverso, situación que concuerda con otras investigaciones (Villasmil *et al*., 2008, Osorio & Segura, 2010; Sánchez & Martínez, 2010). A continuación, Figura IV, se presenta la tendencia ED1S y ED1P por año de nacimiento 1997=1, 2012=6.

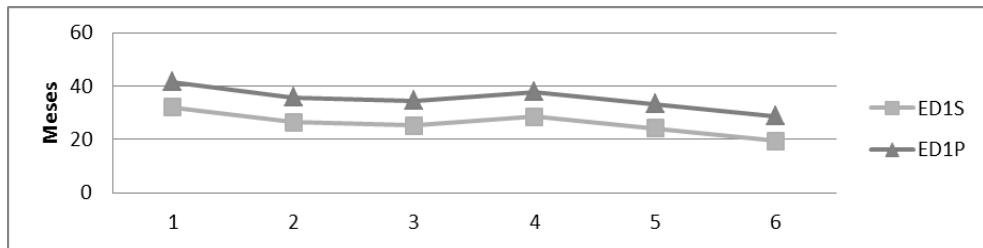



Figura IV. Comportamiento de edad al primer servicio (EDP1S) y edad al primer parto (EDP1) por año de nacimiento (A), (*Behavior age at first service (EDP1S) and age at first birth (EDP1) by year of birth (A)*)

CONCLUSIÓN

Los resultados descritos en este trabajo resaltan la importancia de aspectos inherentes a la producción en ganado de raza Carora. Los factores no genéticos ejercen una fuerte influencia sobre la producción y fertilidad. La selección se justifica por su impacto genético a largo plazo y los beneficios socioeconómicos que se obtienen en las empresas, además equilibra la relación inversa entre la producción de leche por lactancia y la fertilidad que existe en las poblaciones de doble propósito.

La producción de leche corregida y determinada por distintas variables en los sistemas de producción doble propósito estudiados fue superior en la zona a los registrados para ganados mestizos y Carora en trabajos anteriores, lo que evidencia que los animales poseen gran potencial lechero y que el promedio de la raza probablemente está aumentando.

Los factores influyentes en la producción por lactancia fueron NP, AP y DVAC evidentemente hay otros efectos o forma de agrupación de ellos que pudieran modular las lactancias y que no fueron contemplados en este estudio, la F y EP no fueron significativo tal vez debido a la similitud tecnológica de los tipos de explotación del ganado.

El valor IEP y DVAC, están acorde con los recopilados en la literatura, pero con una clara tendencia de aumento durante el periodo de estudio, posiblemente asociado al aumento de producción de Leche, por lo que hay que evaluar la eficiencia del sistema y del animal.

La ED1P y EDPS en los rebaños estudiados está dentro de los parámetros de aceptabilidad para este tipo de sistemas de producción y condiciones de la zona donde se ubican las fincas. Existen variaciones en la ED1P y ED1S debido a A, E y AxE, probablemente en congruencia con diferencias en el manejo de finca que ubicadas en zonas similares tiene impacto significativo sobre las variables estudiadas. Los efectos de A y E, no son independientes, por lo que se espera que las diferencias entre E dentro de A en las fincas no sean constantes para estas variables

RECONOCIMIENTO

A la familia Rosas - Delgado por su gratitud y colaboración. A los productores que con su trabajo diario posibilitan el crecimiento y desarrollo de la raza Carora. A ASOCRICA que por intermedio de J. Alvarez suministraron los datos para hacer posible el desarrollo de esta investigación.

REFERENCIAS

Acosta, J.; Padrón, S.; Pereira, N.; Rincón, E.; Chirinos, Z.; Villalobos, R.; Marín, D.1998.Produccion de leche de ganado Mestizo de una zona de bosque seco tropical. Revista Científica, FC -LUZ.Vol VII, N⁰ 2, 99-104.

Andrade, O.; Briceño, J.; Erasmi, S.; Kappas, M.; Unda, J.2010. Generación y mapeo de parámetros ambientales con fines de evaluación de tierras en el municipio torres, estado Lara, enezuela. bioagro 22(2): 115-126.

Aranguren, A.; González, C.; Madrid, N.; Rios, J.1994. Comportamiento productivo de vacas mestizas 5/8 Holteins, 5/8 Pardo Suizo y 5/8 Brahman. Revista Científica, FC -LUZ.Vol IV, N⁰ 2, 99-106

Bodisco, V.; Herrera, M.; Valle, A.1974. Comportamiento productivo del ganado mestizo en la región de Carora en los años 1971 y 1972. Rev. Agron. Trop. Vol XXIV (6). Serie Zootecnia No. 2:449-462.

Castillo, D.; Herrera, H.; Espinoza, V.; García W.1991.Evaluación de vacas lecheras en la zona oriente del Estado de México. Agrociencia, serie Ciencia Animal; 1(3):29-44.

Carvajal, M.; Valencia, E.; Segura, J.2002. Duración de la lactancia y producción de leche de vacas Holstein en el Estado de Yucatán, México. Rev Biomed ; 13:25-31.

CAVILAC. 2014.La industria lechera en Venezuela su evolución 2009 – 2013. INE-CAVIDEA. Edición 14ª. pp 1 -14.

Contreras, M.1991. Comportamiento productivo de mestizos *bos Taurus x bos Indicus* en el medio tropical. Facultades de Agronomía y Cs. Veterinarias. División de post grado. 108p (tesis de mestria).

Contreras, M.; Chirinos, Z.; Zambrano, S.2008. Desempeño productivo y reproductivo del ganado criollo limonero de Venezuela.

Chirinos, Z.; Rincón, E.; Morillo, F.; González-Stagnaro, C.; Sandoval, L. 1995. Evaluación de bovinos mestizos en la región El Laberinto estado Zulia y su comportamiento productivo. Rev. Fac. Agro. LUZ, 12:373-391.

Fernández, J.;Tronco, M. 2011. Influencia de factores no genéticos en la producción de leche del Siboney de Cuba. Rev. Salud Anim. *Vol. 33 No. 2: 76-82.*

García, j.; Mariscal, V.; Caldera, N.; Ramírez, R.; Estrella, H.; Núñez, R.2007. Variables relacionadas con la producción de leche de ganado Holstein en agroempresas familiares con diferente nivel tecnológico.Rev Interciencia, VOL. 32 Nº 12: 841-846.

González, C.1985. Evaluación de la eficiencia reproductiva en hatos bovinos. IV Congreso venezolano de zootecnia. Facultad de Agronomía. Maracaibo-Venezuela.

González, C.2001. Parámetros, cálculos e índices aplicados en la evaluación reproductiva. En Gonzales, C (ED). Reproducción Bovina. Fundación GIRAZ. Maracaibo-Venezuela. Pp205-247.

González, V.; Boschini, C.1996. Comportamiento de la producción de leche en hatos Holstein y Jersey del valle central de Costa Rica. Nutrición Animal Tropical. C.I.N.A. Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica; 3 (1): 44-59.

López, O.; Vite, C.; García, J.; Martínez, P.2009. Reproducción y producción de leche de vacas con distinta proporción de genes *Bos Taurus.* Arch. Zootec. 58 (224): 683 -694.

Madalena, F.2011.Manejo de los recursos genéticos para el desarrollo de los sistemas de producción de leche sostenibles. Archivos Latinoamericanos de Producción Animal,Vol 19. Numero 1-2: 8-10.

Osorio-Arce, M.; Segura, J. 2010. Efectos raciales y ambientales sobre edad al primer parto e intervalo entre partos de vacas Brahman y sus cruces en el trópico-húmedo de México. Livestock Res. for Rural Devel. 22 (8).

Pariacote, F.2000. Riesgos de extinción del conglomerado nativo de genes bovinos en américa latina: caso Venezuela. Archivos de zootecnia vol. 49, núm. 185-186, p. 18.

Pérez, G.; Gómez, M.2009. Factores genéticos y ambientales que afectan el comportamiento productivo de un rebaño pardo suizo en el trópico. 2. intervalo entre partos y su relación con la producción de leche. Revista Científica, FC -LUZ. Vol. XIX, Nº 1, 77 – 83.

*Pino, T.; Martínez, G.; Galindez, R.; Castejón, M.; Tovar, A. 2009. Efecto del grupo racial y algunos factores no genét*icos sobre la producción de leche e intervalo entre partos en vacas doble propósito. Rev. Fac. Cs. Vets. UCV. 50(2):93-104.

Ponce de León, R.; Ribas, M.; Caro, N.1982. Estudio preliminar sobre la reproducción, producción de leche y las correlaciones entre ellas en vacas Holstein. Revista Cubana de Ciencia Agrícola; 16: 230-42.

Ramírez, L.2008.Factores que afectan el período vacío en vacas Carora y mestizas. Mundo pecuario, IV, Nº 3, 130-144.

Rincón, A.; Perozo, F.; Román, R.2000.Reproduccion en vacas mestizas *taurus-indicus* como respuesta a la incidencia de algunos factores ambientales, fisiológicos y genéticos en trópico muy seco. Revista Científica, FC -LUZ. Vol. X, Nº 1, 5 – 12

Sánchez, G.; Martínez, G. 2010. Algunos factores no genéticos y de grupo racial que afectan la edad al primer parto en vacas doble propósito. Rev. Fac. Agron. (UCV) 36(3): 125-133.

Salvador, A.; Hanh, M.2002. Características productivas y reproductivas del ganado lechero en la región de Carora durante el periodo 1980 y 1990. Fac. Cienc. Vet. UCV 42: 107-120.

Soto, E. 2004. La ganadería de doble propósito en Venezuela. XII congreso venezolano de producción e industria animal e industria animal.pag 222 – 229.

Vaccaro, L.2001.Factores genéticos y no genéticos que afectan la eficiencia reproductiva. En Gonzales, C (ED). Reproducción Bovina. Fundación GIRAZ. Maracaibo-Venezuela. pp 41-50.

Vaccaro, R.; G. D' Enjoy.; Sabaté C.2002. Producción de leche, duración de la lactancia, edad al primer parto y peso al nacer de hembras de distintos cruces Holstein x Brahman y Carora. Rev. Fac. Cienc. Vet. UCV 43: 127-141.

Verde, O.2002. Aspectos productivos y reproductivos de rebaños doble propósito en diferentes zonas agroecológicas de Venezuela. Memorias XI congreso venezolano de producción e industria animal. pp1-12.

Vergara O.; Botero, L.; Martínez, C.2009. Factores ambientales que afectan la edad al primer parto e intervalo de partos en vacas del sistema doble propósito. Rev. MVZ Córdoba 14: 1594-1601.

Villasmil, Y.; Aranguren, A.; L. Yáñez, L; Román, R.; Isea, W.; Soto, J.2008. Edad al primer servicio y primer parto en novillas doble propósito. Rev. Cient. FCV-LUZ. 18: 484.

Utrera, A.; Hernandez, V.; Amezca, E.; Zarate, J.2015.Producción láctea de vacas Simmental x Cebú y Suizo Pardo x Cebú en clima tropical. Agron. Mesoam. 26(1):17-25.

CAPÍTULO 7

Klebsiella variicola, Klebsiella pneumoniae, Y *Klebsiella quasipneumoniae* PROMUEVEN *IN VITRO* EL CRECIMIENTO RADICULAR DE *Solanum lycopersicum* L

Data de aceite: 03/10/2022

Gutiérrez Morales Iris Guadalupe
Laboratorio de Microbiología Molecular y Biotecnología Ambiental, Facultad de Ciencias Químico-Biológicas, Universidad Autónoma de Guerrero, Chilpancingo, Guerrero, México

Garza-Ramos Martínez Jesús Ulises
Laboratorio del Centro de Investigaciones Sobre Enfermedades Infecciosas del Instituto Nacional de Salud Pública. Cuernavaca, Mor., México

Nava Faustino Getsemaní
Laboratorio de Microbiología Molecular y Biotecnología Ambiental, Facultad de Ciencias Químico-Biológicas, Universidad Autónoma de Guerrero, Chilpancingo, Guerrero, México

Ramírez Peralta Arturo
Laboratorio de Investigación en Patometabolismo Microbiano, Facultad de Ciencias Químico-Biológicas, Universidad Autónoma de Guerrero, Chilpancingo, Guerrero, México

Forero Forero Angela Victoria
Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. CdMx. México

Romero Ramírez Yanet
Laboratorio de Microbiología Molecular y Biotecnología Ambiental, Facultad de Ciencias Químico-Biológicas, Universidad Autónoma de Guerrero, Chilpancingo, Guerrero

Toribio Jiménez Jeiry
Laboratorio de Microbiología Molecular y Biotecnología Ambiental, Facultad de Ciencias Químico-Biológicas, Universidad Autónoma de Guerrero, Chilpancingo, Guerrero, México

RESUMEN: La gran demanda de alimentos ha conllevado al estudio de las especies del género *Klebsiella* como BPCV en semillas de jitomate. El objetivo fue evaluar cepas ambientales de *K. variicola, K. quasipneumoniae* y *K. pneumoniae* como reguladoras del crecimiento radicular *in vitro* en *Solanum lycopersicum L*. Se aislaron 16 cepas a partir de rizosfera de plátano, maíz y jitomate, y agua de rio. Se identificaron y diferenciaron por PCR-múltiplex, donde se identificó *K. variicola* (6.5%), *K. quasipneumoniae* (12.5%) y *K. pneumoniae* (37.5%). Se determinó *in vitro* su capacidad de elongación, grosor y desarrollo de raíces secundarias y pelos radiculares de *S. lycopersicum L.* En los resultados se destaca la cepa de *K. quasipneumoniae* HPA4-3B con mayor potencial de promoción del crecimiento radicular, dado que, aumentó el número y longitud de pelos radiculares ($p=0.0429$) y el grosor de raíz primaria ($p=0.0431$) respecto al control. Por lo que, se sugiere el uso de bacterias nativas como alternativa para mejorar el aporte nutricional de las plantas.

PALABRAS CLAVE: Rizobacterias, *in vitro*, crecimiento radicular, jitomate y pelos radiculares.

ABSTRACT: The great demand for food has led to the study of species of the genus Klebsiella as BPCV in tomato seeds. The objective was to

evaluate strains of *K. variicola*, *K. quasipneumoniae* and *K. pneumoniae* as in vitro root growth regulators in *Solanum lycopersicum* L. Sixteen strains were isolated from the rhizosphere of plantain, corn and tomato, and river water. They were identified and differentiated by multiplex-PCR, where *K. variicola* (6.5%), *K. quasipneumoniae* (12.5%) and *K. pneumoniae* (37.5%) were identified. Its capacity for elongation, thickness and development of secondary roots and root hairs of *S. lycopersicum* was determined in vitro. In the results, the strain of *K. quasipneumoniae* HPA4-3B stands out with the greatest potential for promoting root growth, since it increased the number and length of root hairs (p=0.0429) and the thickness of the primary root (p=0.0431). regarding control. Therefore, the use of native bacteria is suggested as an alternative to improve the nutritional contribution of plants.
KEYWORDS: Rhizobacteria, promoter effect, root growth, tomato and root hairs.

INTRODUCCIÓN

La presión que existe actualmente por la demanda en el mundo de producción de alimentos sanos, que aporten nutrientes y sin daños perjudiciales a los consumidores, aunado a los incrementos en los costos, la mala distribución o perdida de producción de fertilizantes en el mundo, y las enfermedades humanas asociadas a una mala alimentación por productos contaminados con agroquímicos, y la contaminación ambiental por el uso o abuso de los productos químicos para el campo, han conllevado a una ardua investigación sobre las bacterias promotoras del crecimiento vegetal (BPCV), en los que destaca el genero Klebsiella, dado que se ha descrito a *K. variicola* y *K. quasipneumoniae* como fijadoras de nitrógeno y otras características que promueven el crecimiento vegetal. Es por ello, que en este trabajo nos enfocamos en evaluar *in vitro* la capacidad de *Klebsiella variicola, Klebsiella pneumoniae*, y *Klebsiella quasipneumoniae* el crecimiento radicular de jitomate (*Solanum lycopersicum* L)***,*** con la finalidad de evidenciar estás capacidades en esta hortaliza. El jitomate es considerado como un fruto de alto consumo por las familias mexicanas y de gran aporte nutricional.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se evaluaron cepas del genero Klebsiella, aisladas de diversos ambientes, y se identificaron por PCR multiplex (Garza-Ramos, et al., 2015), así mismo, se determinó su capacidad de promover el crecimiento vegetal (como la fijación de nitrógeno, solubilidad del fosfato, producción de ácido indol acético (IAA), y sideróforos), posteriormente se evaluaron *in vitro*, usando semillas desinfectadas de *S. lycopersicum L.* variedad Saladette, adquiridas en la casa comercial “Vita”, siguiendo el protocolo de Salazar, (2012). Las cepas empleadas se hicieron crecer en matraces con 30 mL de caldo LB (Luria Bertani), hasta una densidad óptica de 0.4 a 620 nm. En una caja Petri con agar bacteriológico se colocaron 100 semillas para su germinación en obscuridad a temperatura de 22°C, hasta detectar el tiempo exacto del 50% de sincronicidad de la germinación. Posterior a este tiempo, se

tomaron las semillas germinadas y se inocularon con 5 µl de cada cepa (PB02-A, PB06-A, RS10-A, HPA4-3B). Se pusieron a crecer con temperatura entre 22 y 25°C con ciclos de 16 hrs luz, 8 hrs obscuridad, incluyendo un control sin inóculo. Se realizó la observación del desarrollo, así como la medición de raíces, durante 10 días. Se hizo la comparación de las variables de crecimiento radicular entre las cepas con respecto al control se realizó por T de Student. Valores menores a 0.05 se consideraron como estadísticamente significativos

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las especies *K. variicola, K. pneumoniae* y *K. quasipneumoniae* se diferenciaron molecularmente y se determinó la capacidad de BPCV como se muestra en la tabla 1.

		Capacidad de Promoción de Crecimiento Vegetal			
Cepas	**Especie definida por PCR multiplex**	**Fijación N_2**	**ISF (mm)**	**Producción AIA µg/ ml**	**Sideróforos**
PB06-A	*K. quasipneumoniae*	+	10.75	2.738	+
RS10-A	*K. pneumoniae*	+	4.0	3.241	+
PB02-A	*K. variicola*	+	3.8	2.447	+
HPA4-3B	*K. quasipneumoniae*	+	7.91	2.131	+
KA2-B	*K.pneumoniae*	+	9.66	2.190	+
GN7-B	*K.pneumoniae*	+	2.94	2.493	+

ISF, índice de solubilidad de fosfatos

Tabla 1 Cepas identificadas por PCR multiplex y su capacidad de promoción de crecimiento vegetal

Las especies que destacan como promotoras son *K. quasipneumoniae* HPA4-3B representativa en grosor de la raíz primaria con una significancia de *p=0.04329* respecto al control sin inoculo, la longitud de los pelos radiculares con una significancia de *p=0.0431,* y el número de raíces secundarias (Tabla 2). Al realizar la comparación con el control sin inoculo (A y D, figura 1), se observa que *K. quasipneumoniae* PB06-A presentan una longitud en la raíz primaria 11.23 cm y 7 raíces secundarias, mientras que *K. variicola* PB02-A presentan una longitud en la raíz primaria 10.12 cm y 5 raíces secundarias, superando a el control. Sin embargo, no existe significancia estadística (*p*=0.8273 y *p*=0.8273) al evaluarlas de manera individual.

Por otro lado, la *K. pneumoniae* RS10-A aislada de agua de rio detuvo el crecimiento radicular a partir de la germinación, un posible factor de inhibición del desarrollo de la raíz es la alta producción de AIA, y la síntesis del etileno también se ve incrementado, lo cual ocasiona efectos inversos a la elongación de la raíz (Holguín *et al.,*2003).

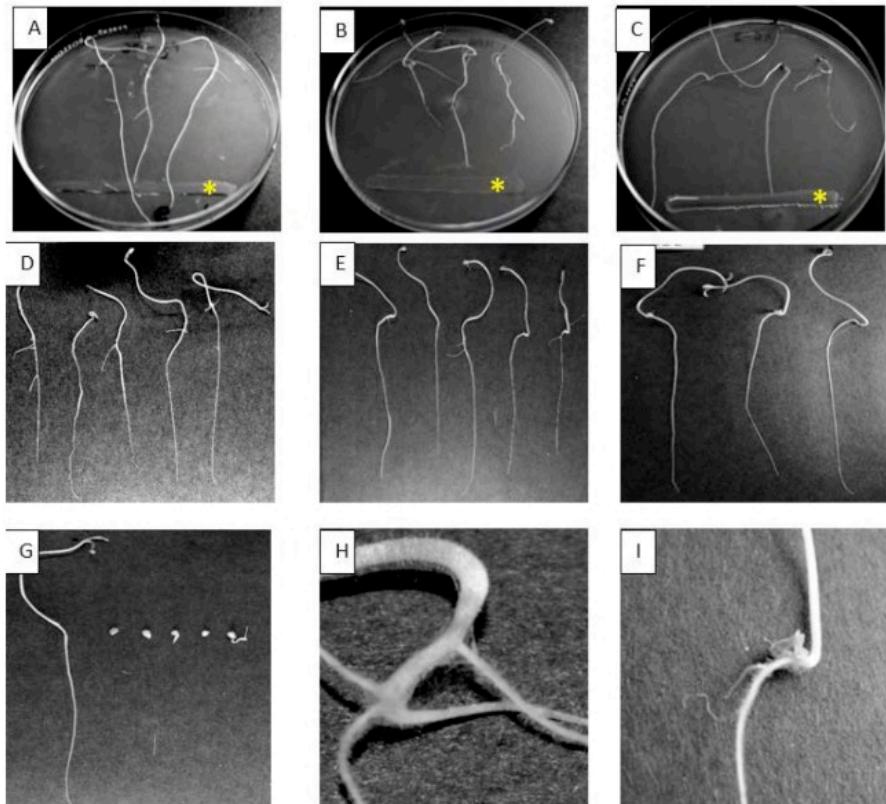



Figura 1. Crecimiento de la radícula *in vitro* de *S. lycopersicum L* con las cepas de *Klebsiella sp* inoculadas. (A) *K. pneumoniae* PB06-A, (B) *K. quasipneumoniae* HPA4-3B, (C) *K. pneumoniae* KA2-B, inoculo bacteriano (D) radiculas *K. pneumoniae* PB06-A triplicado, (E) radiculas de *K. variicola* PB02-A triplicado, (F) control sin inoculo, (G) radiculas de *K. pneumoniae* RS10-A, (H) pelos radiculares de *K. quasipneumoniae* HPA4-3B, (I) pelos radiculares control sin inoculo.

Comparación de grupos	Longitud Valor de p	Grosor raíz primaria Valor de p	Longitud pelos radiculares Valor de p
1 y 2	0.5127	**0.0431**	**0.0429**
1 y 3	0.8273	0.0990	0.0756
1 y 4	0.0495	0.2463	0.1204
1 y 5	0.2752	1.0000	0.1366

Valores mayores a 0.05 no tienen significancia estadística, grupo 1: control, grupo 2: *K. quasipneumoniae* HPA4-3B, grupo 3: *K. variicola* PB02-A, grupo 4: *K. pneumoniae* RS10-A, grupo 5: *K. quasipneumoniae* PB06-A. Durante décadas, se han documentado numerosos promotores de crecimiento vegetal, y algunos de ellos se han comercializado, incluida la especie *Klebsiella* (Glick, 2012).

Tabla 2. Comparación de las variables de crecimiento radicular de *S. lycopersicum* L

CONCLUSIÓN

Aportamos evidencia del estudio de promoción del crecimiento radicular del género *Klebsiella* con miras a su uso en la agricultura como biofertilizante en diversos cultivos de interés agrícola, empezando con el conocimiento del jitomate.

REFERENCIAS

Beltrán M., (2014). La solubilización de fosfatos como estrategia microbiana para promover el crecimiento vegetal en Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria*.* Microbiología del suelo. 102-113

Garza-Ramos, U., Silva-Sánchez, J., Martínez-Romero, E. *et al.* (2015). Development of a Multiplex-PCR probe *system for the proper identification of Klebsiella variicola.* BMC Microbiol. 15, 64. https://doi.org/10.1186/s12866-015-0396-6

Glick, BR (2012). Plant Growth-Promoting Bacteria: Mechanisms and Applications. Scientifica. p15. http//:dx.doi.org/10.6064/2012/963401

Holguín Gina, Bashan Yoav, Puente Esther, Carrillo Angel, Bethlenfalvay Gabor, Rojas Adriana, Vázquez Patricia, Toledo Gerardo, Basilio Jiménez Macario, Glick Bernard R., González de Bashan Luz, Lebsky Vladimir, Moreno Manuel y Hernández Juan Pablo. (2003). Promoción del crecimiento en plantas por bacterias de la rizosfera. Agricultura Técnica en México. 29(2). 201-211

Martínez-Romero E, Silva-Sánchez J, Barrios H, Rodríguez-Medina N, Martínez-Barnetche J, Téllez-Sosa J, Gómez-Barreto RE, Garza-Ramos U. (2015). Draft genome sequences of *Klebsiella variicola* plant isolates. Genome Announc. 3 (5): e01015-15. doi:10.1128/genomeA.01015-15.

Martínez-Romero E, Rodríguez-Medina N, Beltrán-Rojel M, Toribio-Jiménez J, Garza-Ramos U. (2018). *Klebsiella variicola* and *Klebsiella quasipneumoniae* with capacity to adapt to clinical and plant settings. Salud Publica Me; 60:29-40. http://doi.org/10.21149/8156

Salazar Mercado Seir Antonio (2012). Germinación a simbiótica de semillas y desarrollo in vitro de plántulas de *Cattleya mendelii* Dombrain (*Orchidaceae*). Acta Agronómica, [S.l.], 61(1), p. 69-78, jan. ISSN 2323-0118.

CAPÍTULO 8

PRODUCERS OF QUINUA IN LAKE TITICACA. CASE: CAMPESINA DE CARABUCO COMMUNITY SEEN FROM THE GENDER APPROACH

Data de aceite: 03/10/2022
Data de submissão: 30/08/2022

Yudy Huacani Sucasaca
Professional School of Economics and International Business
School of Accounting and Financial Sciences
Andean University Néstor Cáceres Velásquez
Juliaca – Peru
https://orcid.org/0000-0003-4283-1120

ABSTRACT: The objective of the research was to describe the uses and perceptions of quinoa (Chenopodium quinoa), differentiated by gender of the producers of the Campesino Community of Carabuco, located on the shores of Lake Titicaca (Puno region, Peru). The tools used in this research are: the cross section, the activity diagram by gender, analysis of access and use by gender, surveys and semi-structured interviews. The results show a great participation of women in the cultivation of quinoa, harvest and post - harvest (threshing, pre - cleaning, drying, sorting, grading and storing grain) as well as its marketing to local, regional markets , National and international. The woman recognizes the importance of quinoa in the food security of the family from: the preparation of traditional foods such as kispiño, p'esque and soup; non-traditional such as bread and biscuit and new ones as combinations with beans, barley and wheat; the nutritional, medicinal and nutraceutical properties are also valued. Formerly the women of the Campesino Community of Carabuco used the saponin extracted from bitter quinoa as shampoo, detergent and toothpaste. Due to its geographical location, Carabuco has been favored by the climatic conditions of the lakeside zone for the cultivation of quinoa. It is concluded that quinoa is of transcendental interest for the food security of the producers of Carabuco and its production should be promoted as an alternative for development and included in the economic and social development programs.

KEYWORDS: Quinoa, Carabuco, Gender, Development.

PRODUCTORES DE QUINUA EN EL LAGO TITICACA. CASO: COMUNIDAD CAMPESINA DE CARABUCO VISTA DESDE EL ENFOQUE DE GÉNERO

RESUMEN: La investigación tuvo como objetivo describir los usos y percepciones sobre la quinua (Chenopodium quinoa), diferenciadas por género de los productores de la Comunidad Campesina de Carabuco, ubicada a orillas del Lago Titicaca (región Puno, sureste del Perú). Las herramientas utilizadas en esta investigación son: el corte transversal, el diagrama de actividades por género, análisis de acceso y uso por género, encuestas y entrevistas semiestructuradas. Los resultados evidencian una gran participación de la mujer en el cultivo de la quinua, la cosecha y la post - cosecha (labores de trilla, pre limpieza, secado, selección, clasificación y almacenamiento del grano) así como su comercialización a mercados local, regional, nacional e internacional. La mujer reconoce la importancia de la quinua en la seguridad alimentaria de la familia desde: la preparación

de alimentos tradicionales como el kispiño, p’esque y sopa; no tradicionales como el pan y la galleta y nuevos como combinaciones con habas, cebada y trigo; también se valora las propiedades nutricionales, medicinales y nutraceúticas. Antiguamente las mujeres de la Comunidad Campesina de Carabuco utilizaban la saponina extraída de la quinua amarga como champú, detergente y pasta dental. Por la ubicación geográfica Carabuco se ha visto favorecida por las condiciones climáticas de la zona lacustre del lago para el cultivo de la quinua. Se concluye que la quinua es de trascendental interés para la seguridad alimentaria de los productores de Carabuco y se debería promover su producción como una alternativa de desarrollo e incluir en los programas de desarrollo económico y social.
PALABRAS CLAVE: Quinua, Carabuco, Género, Desarrollo.

1 | INTRODUCTION

This research addresses the access and use of quinoa, differentiating between the participation of male and female producers in the rural community of Carabuco, located at 3,835 m.a.s.l. on the shores of Lake Titicaca (Peru). The official language is Spanish and the native language is Quechua, so the study area is shown schematically through a cross section (Figure 1), which shows from the lowest point of the study area where quinoa is adapted -the shore of the lake- to the highest point of the place -the houses and hills-. The road crosses the entire community; it borders the shore of the lake, integrating Carabuco with other important cities, such as Juliaca, a well-known commercial hub.

In Carabuco, agricultural activity predominates in addition to livestock farming, where each farmer has scattered crops on different types of land, from flooded land on the shores of the lake to irrigated crops on the hillsides; this allows them to change their living space and agricultural production when there are vulnerable situations, such as floods and droughts (Huacani, 2007). The houses are located on the hillsides because of the risk of flooding. The hills are covered with eucalyptus trees, although in some areas these are more dispersed than in others.

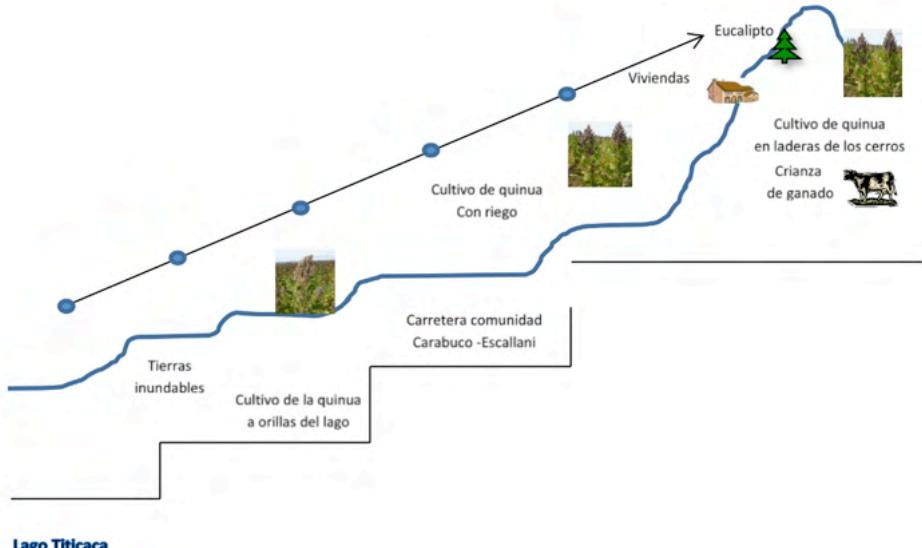



Figure 1. Cross section of the Carabuco community.

Women, accompanied by children, carry out their work in the areas adjacent to the house, livestock and arable land, while in the area of the lake there is a greater presence of men.

The agricultural calendar in the cultivation of quinoa is a determining factor in organizing time; the producers program their quinoa cultivation activities on this basis.

Activity	Gender	Location	Period
			J F M A M J J A S O N D
Watering	Males	Near the house	
Soil preparation	Males	Lake shores and hillsides	
Planting	Males	Lake shores and hillsides	
Weeding	Males and females	Lake shores and hillsides	
Harvest	Males y females	Lake shores and hillsides	
Post harvest	Males y females	Lake shores and hillsides	
Seed selection	Women	House	
Marketing	Women	Local Sunday fairs	
Transformation	Women	Lake shores and hillsides	

Note:

Intensive activity

Permanent activity

Sporadic activity

Table 1. Diagram of analysis of quinoa cultivation activities by gender in the Carabuco Rural Community

Source: Information gathered during field work, based on interviews with residents of the Carabuco Rural Community.

Elaboration: Own.

In table 1, the duration of activities is represented by lines of different thicknesses: the thicker line represents intensive activities; the thinner line, permanent activities; and the dotted line, sporadic activities. Men are intensively engaged in irrigation and soil preparation, while women are engaged in planting. Both men and women are permanently engaged in harvesting and post-harvesting. Generally, the women select the seed and market it.

The planting season in the agroecological zone around Lake Titicaca begins on September 24 and ends at the end of October, in some cases until November; harvesting takes place in March, April and May, and post-harvesting is parallel to harvesting. The quinoa is marketed throughout the year. Quinoa is considered by the producers as savings and important for family consumption; quinoa is sold when money is needed to cover the family's basic necessities.

Before we did not sell quinoa, we used to consume it, but now we are selling it because we need money (Agustín, 72 years old).

1.1 Objective of the study

1.1.1 General objective

To analyze from a gender perspective the production of quinoa in the rural community

of Carabuco located on the shores of Lake Titicaca (Puno, Peru).

1.1.2 Specific objectives

To explain the gender-differentiated uses of quinoa in the Carabuco Rural Community, located on the shores of Lake Titicaca.

To describe the gender-differentiated perceptions of quinoa in the rural community of Carabuco, located on the shores of Lake Titicaca.

2 | MATERIALS AND METHODS

The research is quantitative, non-experimental, cross-sectional, the tools used are: cross-sectional, the diagram of activities by gender and semi-structured interviews with 50 producers out of a total of 350 inhabitants of the community. This research details the following sections: differentiation of activities by gender in the cultivation of quinoa, gender and quinoa cultivation, use and consumption of quinoa by gender, medicinal use of quinoa, use of bioindicators in the cultivation of quinoa, perceptions about quinoa and the development of the community.

3 | RESULTS

3.1 Adaptive capacity of quinoa in the Carabuco Campesino Community on the shores of Lake Titicaca

Quinoa cultivation is seasonal and depends on rainfall; however, the community of Carabuco, due to its location in the agroecological zone around the lake (Figure 2), benefits from the microclimate, as there are no intense frosts, producing quality quinoa in three varieties: kankolla, white and pasankalla; the most widely cultivated variety is kankolla (Table 2). One characteristic of the circumlacustrine zone is the existence of smallholdings, which limits the cultivation of large areas of quinoa.

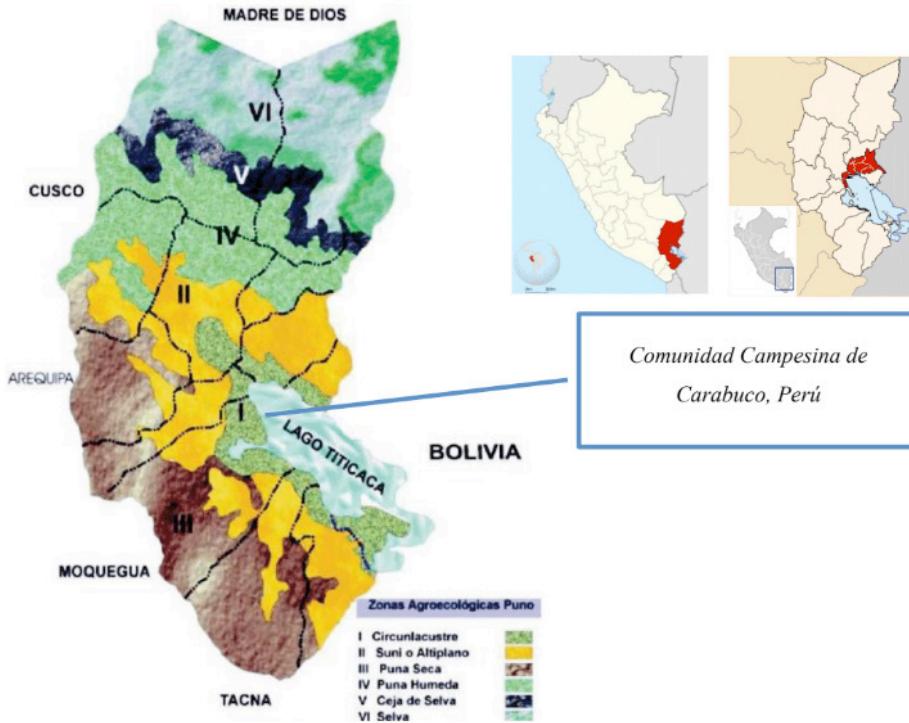



Figure 2. Map of the Puno region - Peru.

Note: Marca (2011). Regional Government of Puno

We women always plant quinoa, we know with our hands how much quinoa we should put in the furrow at the time of planting (Paula, 74 years old).

Variety	Growing season (days)	Grain			Yield (Kg/ha)	Biotic and Abiotic	
		Size	Color	Saponin		Tolerant	Susceptible
Kankolla	170 to 210	Large	White	Bitter	1100 to 2500	Humidity	Hail and floodin
White	160 to 180	Large	White	Bitter	1200 to 2500	Humidity	Hail and floodin
Pasankalla	180 to 200	Large	Light lead	Sweet	2000 to 3500	Humidity	Hail and floodin

Note: Information gathered during field work

Table 2. Characteristics of quinoa varieties in the Comunidad Campesina de Carabuco

Elaboration: Own.

3.2 Planting, harvesting and post-harvesting of quinoa crops

Both men and women are aware that the cultivation of quinoa requires soil management, which requires the practice of crop rotation. The women indicate that potatoes are planted first, followed by quinoa and then wheat or beans, and so on each following year so that production achieves greater productivity (Figure 3).

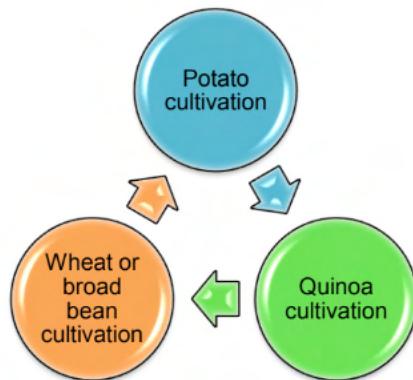



Figure 3. Quinoa crop rotation in the Comunidad Campesina de Carabuco

According to the women's experiences, quinoa is planted (planting is done in furrows spaced 40 to 60 cm apart) in dry soil and when rainfall begins, germination, emergence and plant growth is uniform (Care Perú, 2012). It also depends on the time and preparation of the soil, seed quality, fertilization and weed control (Marca, Cancha, Quispe and Mamani, 2011). It is common for women to use seed from the same organic-type harvest. It is cultivated in different areas from the hillside, foothills and lake zone. The technology used is manual by the use of tools such as: pico, chaquitajlla, segadera, huajtana, susunas. Quinoa is very susceptible to weeds and this work is generally done by women.

Men and women share the work of harvesting quinoa during the months of March to May, work that is done in the mornings or afternoons since the rest of the day the humidity is higher to avoid shelling or loss of grain. The cutting or mowing of the quinoa is done manually. After mowing the quinoa, men and women make arches to complete the maturation of the grain and the drying of the stalks, leaves and pre-drying of the grain, which is done in the same field. These must be covered to protect from rain and birds.

One problem we have during the quinoa harvest is the abundant pigeons that eat the quinoa grains, even though we cover them with plastic or straw, they always take the grain from us.

In the post-harvest of quinoa, women carry out the following tasks: pre-cleaning, drying, selection, classification, storage and marketing, while men do the work that requires more physical strength, such as threshing, and in some cases women also do this work (Figure 4).

Figure 4. Post-harvest management by gender in the Comunidad Campesina de Carabuco

We protect the quinoa from hail, my grandparents always burned around the farm to make the hail pass and protect the quinoa. We burned with kerosene, with logs and logs, we lit it so that it would not hail. If someone has twin children, we ask the parents that the children shout saying: "pasai pasai totola", all that we do so that the hail does not take away our quinoa harvest, and it is a concern every year (Paula, 74 years old).

The quinoa producers of the Comunidad Campesina de Carabuco market quinoa in weekly fairs (known as k'atos), in small quantities (arroba or 12 kilograms), of different qualities, at different times of the year, mainly as grain, with no value added - traditional system. In Carabuco, quinoa is marketed through intermediaries made up of wholesalers and retailers who frequent the weekly fairs in Taraco and Juliaca (Figure 5). Unwashed quinoa is more widely marketed at the Taraco and Juliaca fairs, although in Juliaca there is significant demand for washed quinoa (for the preparation of quinoa juice, soup, bread, mazamorra and p'esque because it is a commercial hub city in the southern Peruvian region).

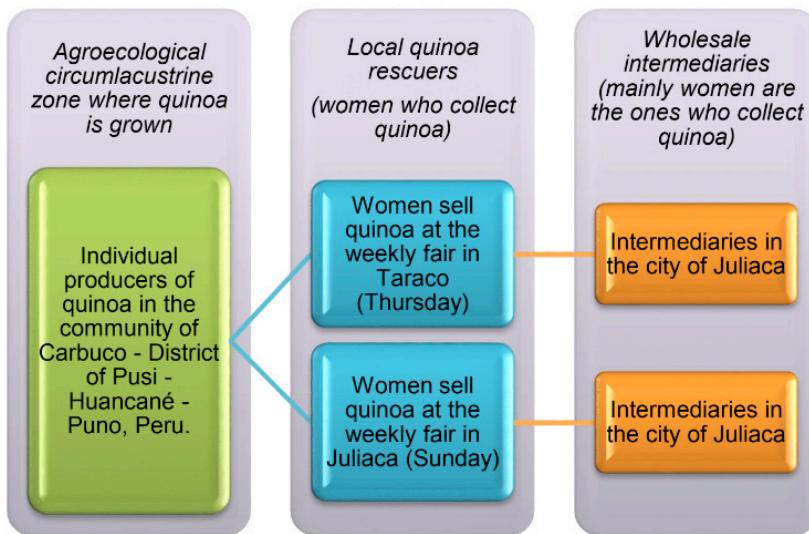



Figure 5. Diagram of quinoa collection in the Community of Carabuco

An important aspect of quinoa producers with respect to marketing is that it is free of impurities and has a low price in the production and harvest stage, improving in the post-harvest stage, which implies a high demand for the quality itself, and the absence of the use of pesticides attracts marketers to demand organic quinoa from Carabuco (Table 3). In Carabuco, the traditional mode quinoa production system prevails, as it has shown to be sustainable over time, whose production and demand is recognized by the local and regional market (Gómez-pando & Julca-otiniano, 2018).

Stages	Month	Prices
Production	October to march	Low
Harvest	April, may and june	Low
Post – harvest	October to february	High

Note: Field work.

Table 3. Quinoa price behavior in production, harvest and post-harvest stages

Elaboration: Own.

4 | DISCUSSION

4.1 Quinoa use and consumption by gender in the rural community of Carabuco

According to the community members of Carabuco since ancient times quinoa has provided food security for the family (Nowak et al., 2016). Seventy percent of production is destined for self-consumption based on their traditional customs and because it is considered essential for food. Its importance in consumption is due to two factors: its economic purchasing power and the cultural habits of the rural population in their diet.

Quinoa consumption is valued by men and women due to its nutritional benefit -quinoa for its high nutritional value, can be used as an industrial by-product as a beneficial alternative for health (Márquez-villacorta & Pretell-vásquez, 2018)-, medicinal and nutraceutical benefits that are healthy and recommended for pre-diabetic patients (Abellán et al., 2017). It is used in different ways, in soup, seconds, drinks, p'esque, salad, mazamorra, kispiño, phiri, bread -a key aspect to highlight about quinoa bread is that it manages to reduce anemia in children (Soncco et al., 2018)- and cookie, quaker (Table 4). Its use is in whole washed and ground quinoa. In recent years the processed quinoa products are quinoa flour and quinoa flakes

In the past, the women of the Carabuco community used the saponin extracted from bitter quinoa as shampoo, detergent and toothpaste.

Products	How is it used?	Who makes?	If you sell, how do you use the money?	Who decides the use of money?	Place	Frecuency of use
Whole washed quinoa	Quinoa soup 1/.	Woman			Home	Always
	b. Quinoa grains 2/.	Woman			Home	Always
	c. Drinks 3/.	Woman			Home	Sometimes
	d. P'esque 4/.	Woman			Home	Sometimes
	e. To market	Woman	To purchase basic household necessities	Male and female	Weekly fair in Taraco and Juliaca	All year round
Unwashed quinoa	a. Generally sold	Woman	To purchase basic household necessities	Male and female	Weekly fair of Taraco and Juliaca	Troughout the year
Quinoa stems	a. Distribuitedas livestock feed	Male and female			Farm on near home	After harvest
	b. Ad firewood when the stem are dry	Woman			Home	After harvest
Green quinoa leaves	a. In soup substituting for vegetables, as well as in salads	Female and male			They collect from the quinoa farm	When the quinoa is green before harvesting
Ground and flaked quinoa	Mazamorra 5/.	Woman			Home	Always
	Kispiño 6/.	Women and girls			Home	Always
	Phiri 7/.	Female and Male			Home	Sometimes
	Bread and cookie	Male and Female				All saints
	Quaquer 8/.	Woman			Home	Sometimes
	f. For sale aat the local market om fair days	Woman	To purchase basic household necessities	Varón y mujer	Weekly fair in Taraco and Juliaca	Sometimes

Note: Based on information provided by quinoa producers in the Comunidad Campesina de Carabuco, Peru, June 2022.

1/. Quinoa soup: Quinoa cooked with meat or charqui, tubers or vegetables.

2/. Toasted and grained quinoa, replacing rice.

3/. Soft drink, quinoa with milk, quinoa juice and quinoa chicha (macerated cold drink).

4/. Quinoa grains cooked with water and without salt, served with milk or grated cheese.

5/. Quinoa flour with katahui (lime) and milk

6/. Steamed buns in different shapes and sizes.

7/. Toasted and slightly moistened rough quinoa flou .

8/. Ground quinoa in the form of small leaves used for soup, soft drink, juice, also substitutes quaquer.

Table 4. Analysis of access and use of quinoa in the Carabuco Campesino Community

4.2 Medicinal use of quinoa

Due to the high content of essential amino acids in its protein, quinoa is considered the only food in the plant kingdom that provides all the essential amino acids. According to traditional medicine, the infusion of the leaves is used to treat urinary tract infections or as a laxative. The fresh leaves of quinoa “layo”, consumed either in the form of soups or second is the indicated remedy against diseases caused by a lack of some vitamin in the body (PROINPA, 2011). In addition, quinoa broth, soup, or hot graneado is a nutritional tonic, increases mother’s milk, repairs strength, and protects against tuberculosis.

4.3 Use of bioindicators in quinoa cultivation

In Carabuco, producers use bioindicators. However, it can be detected that, at present, young farmers are losing the tradition of practicing ancestral knowledge through bioindicators. They do not give much importance to the knowledge to develop quinoa cultivation and if they practice it, they do it in a different way, far from the original knowledge. Adults and elders are aware that there is this loss of knowledge in some of the knowledge related to bioindicators. Women, in particular, preserve hidden knowledge about the use of bioindicators, which they continue to use to carry out activities in quinoa cultivation. This knowledge allows them to predict in which years there will be a good harvest or a shortage of quinoa, and therefore helps them to make decisions in advance regarding the convenience of advancing or delaying the sowing.

> The year that the yellow k’areo blooms in abundance is an indicator for good quinoa production; this bio-indicator helps us make decisions for quinoa cultivation (Paula, 74 years old).
>
> In flood years there is little quinoa (Victoria, 76 years old)

4.4 Perceptions about quinoa and the development of the Carabuco Campesino Community

Quinoa producers perceive that quinoa has been showing changes and challenges due to local, regional and national demand. However, the women indicate that to date they have not received support from public or private institutions for the production, processing and marketing of quinoa (Table 5).

Males	Females
a. Positive characteristics - They value quinoa for its nutritional qualities in the family's diet, in addition to its grain quality as one of the best in the lake area. - They propose organizing among producers to market quinoa. - They hope to receive training in the management of quinoa processing. - They know, participate and maintain the ancestral customs in the cultivation of quinoa. - They are familiar with the management of flora and fauna bioindicators for quinoa cultivation. - They see Lake Titicaca as an important agroecological zone with a favorable microclimate for quinoa cultivation.	- They value quinoa for its nutritional qualities in the family diet, especially for children. In addition, the quality of the grain is one of the best in the lake area. - They agree that their husbands should organize among producers to market quinoa, despite their commercial development. - They hope to receive training in quinoa management, among other training according to their needs. - They know, participate in and maintain ancestral customs in the cultivation of quinoa. - They are familiar with the management of bioindicators of flora and fauna for quinoa cultivation. - They see Lake Titicaca as an important agroecological zone with a favorable microclimate for quinoa cultivation.
b. Negative characteristics - Individualized supply, low quality, low standardization and poor product presentation, poor market articulation, low associativity among producers. - Low market prices. - They observe the parceling and lack of land. - More and more young people are moving to the cities, providing the quickest solution for better opportunities. - They are responsible for assuming community positions, and machismo still exists. - In spite of having better levels of education than women, they observe low levels of education in rural areas.	- Individualized supply, low quality, low standardization and poor product presentation, poor market articulation, low associativity among producers. - Low market prices. - They observe land parceling and have limitations on possession rights. - More and more young people are moving to the cities, providing the quickest solution for better opportunities. - They do not have access to high-level positions of communal responsibility and are limited in their ability to express their opinions, which is why they are not heard in assemblies. - They complain about the low levels of education; in many cases they are illiterate and want to take literacy courses.

Note: Based on information provided by the quinoa producers of the Comunidad Campesina de Carabuco.

Table 5. Positive and negative characteristics of quinoa in the Rural Community of Carabuco

5 | CONCLUSIONS

The producers of the Carabuco Peasant Community (Peru) are favored by the climatic conditions of the lake area for the cultivation of quinoa. Therefore, women play a greater role than men in the whole process of growing and marketing quinoa, which is of transcendental importance for the food security of the inhabitants of Carabuco, and its production should be promoted as a development alternative and included in economic, social, tourism, and gastronomic development programs, and marketing chains should be improved.

Men and women perceive that they should organize themselves to make joint sales as partners, as well as access credit to improve their level of production, and strengthen the quinoa production chain through competitive monitoring, since there is a trend towards

mass consumption of cereal-based products (Maria & Quintero, 2014).

REFERENCES

Abellán et al. (2017). Effect of quinoa (Chenopodium quinoa) consumption as an adjuvant in nutritional intervention in prediabetic subjects. Nutrición Hospitalaria, 34, 1163-1169.

CARE PERU (2012). Promotion of Andean grains and native potato as an alternative for economic social inclusion and competitiveness for Andean rural agriculture. Care Perú.

González, J., Dios, D., Alonso-arroyo, A., & Aleixandre-benavent, R. (2019). Half a century of Anales de Pediatría. Evolution of its main bibliometric indicators in the Web of Science and Scopus international databases ☐. Anales de Pediatría (English Edition), 90(3), 194.e1-194.e11. https://doi.org/10.1016/j.anpede.2018.12.002

Gómez-pando, L., & Julca-Otiniano, A. (2018). Chenopodium quinoa, 5(15), 399-409. https://doi.org/10.19136/era.a5n15.1734

Huacani, Y. (2007). The management of natural resources of Lake Titicaca in the peasant community of Carabuco seen from a gender perspective. In: Gender and natural resource management. Summaries of research, experiences and lessons learned. Sepia, first edition, Lima

Marca, S., Cancha, W., Quispe, J., and Mamani, V. (2011). “Comportamiento actual de los agentes de la cadena productiva de quinua en la Región de Puno”. Project of capacities of the quinoa production chain in the Puno Region. Dirección Regional Agrario Puno. Puno Regional Government.

María, D., & Quintero, D. (2014). Competitive monitoring of quinoa : potentiality for the department of Boyacá. Suma de Negocios, 5(12), 85-95. https://doi.org/10.1016/S2215-910X(14)70030-8.

Márquez-villacorta, L. F., & Pretell-vásquez, C. C. (2018). Evaluación de características de calidad en barras de cereales con alto contenido de fibra y proteína Evaluation of quality characteristics in cereal bars with high fiber and protein content Avaliação das características de qualidade nas barras de cereais com fibra alta e contenido à proteína, 16(2), 67-78

Morillo-coronado, A. N. N. A. C., & Castro-roberto, M. A. (2017). Genetics of a quinoa (Chenopodium quinoa Willd) collection, 15(2), 49-56.

Nowak et al. (2016). Evaluation of the nutritional composition of quinoa (Chenopodium quinoa Willd). Food Chemistry, 193, 47-54. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.02.111.

PROINPA (2011). Quinoa: millennial crop to contribute to global food security. July. FAO. Regional Office for Latin America and the Caribbean.

Soncco et al. (2018). Impact of an educational program including a fortified bread to reduce anemia levels in school children in Yocará, Puno - Peru. Revista Altoandinas, 20(1), 73-84.

CAPÍTULO 9

THIAMINE AND SOIL AMENDMENTS ON *Urochloa brizantha* PRODUCTION

Data de aceite: 03/10/2022

Eduardo Pradi Vendruscolo
http://lattes.cnpq.br/7230920247314563

Cleicimar Gomes Costa
http://lattes.cnpq.br/9082867506611362

Eder Luiz Menezes da Silva
http://lattes.cnpq.br/7858682518513234

Harianny Severino Barbosa
http://lattes.cnpq.br/7214704553535865

Thales Silva Ferreira
http://lattes.cnpq.br/3659480348842349

Vitória Carolina Dantas Alves
http://lattes.cnpq.br/8292095208106086

Gabriela Rodrigues Sant' Ana
http://lattes.cnpq.br/4728405614968291

ABSTRACT: Brazil occupies a prominent position in the world scenario of beef production, most of the brazilian production is based on animals raised on pasture, because of this, the country started to invest more in technologies to improve production and began to intensify the launch of new pasture cultivars. Given the above, the objective of this research was to evaluate the effect of different sources of soil amendments (limestone and calcium silicate) and doses of thiamine on the initial development of *Urochloa brizantha*. The experiment was conducted in the municipality of Cassilândia (MS), from August to December 2018. The experimental design was in randomized blocks, arranged in a 4x3 factorial scheme, with four replications, with treatments consisting of two sources of concealer and without. The selected sources were limestone and calcium silicate, applied at doses equivalent to 3.75 mg vase^{-1} or 1.5 Mg ha^{-1}. The second variation factor was the use of four doses of thiamine, applied as foliar treatment, at concentrations of 0, 100, 200 and 300 mg L^{-1}, ten days after emergence. The biometric variables analyzed were: number of tillers, plant height, root fresh mass, shoot fresh mass, shoot dry mass, root dry mass, shoot dry mass and root dry mass ratio, while the bromatological variables were made for crude protein, neutral detergent fibe , acid detergent fiber and the ratio of crude protein to neutral detergent fiber and crude protein to acid detergent fibe . The use of limestone and silicate is beneficial for plant development and improvement of *Urochloa brizantha* digestibility. Also, thiamine decreases the relationship between shoot dry mass and root dry mass and it can reflect on a technique for increasing resistance to water deficit, which can be studied in the future.
KEYWORDS: Tropical grasses, vitamin B1, plant protection, forage production, livestock.

RESUMO: O Brasil ocupa posição de destaque no cenário mundial da produção de carne bovina, a maior parte da produção brasileira é baseada em animais criados a pasto, por conta disso, o país passou a investir mais em tecnologias para melhorar a produção e passou a intensificar o lançamento de novas pastagens cultivares. Diante do exposto, o objetivo desta pesquisa foi

avaliar o efeito de diferentes fontes de corretivos do solo (calcário e silicato de cálcio) e doses de tiamina no desenvolvimento inicial de Urochloa brizantha. O experimento foi conduzido no município de Cassilândia (MS), no período de agosto a dezembro de 2018. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, dispostos em esquema fatorial 4x3, com quatro repetições, com tratamentos constituídos por duas fontes de corretivo e sem corretivo. As fontes selecionadas foram calcário e silicato de cálcio, aplicados em doses equivalentes a 3,75 mg vaso^{-1} ou 1,5 Mg ha^{-1}. O segundo fator de variação foi o uso de quatro doses de tiamina, aplicadas como tratamento foliar, nas concentrações de 0, 100, 200 e 300 mg L^{-1}, dez dias após a emergência. As variáveis biométricas analisadas foram: número de perfilhos, altura da planta, massa fresca da raiz, massa fresca da parte aérea, massa seca da parte aérea, massa seca da raiz, massa seca da parte aérea e razão da massa seca da raiz, enquanto as variáveis bromatológicas foram feitas para proteína bruta, detergente neutro fibra, fibra em detergente ácido e a proporção de proteína bruta para fibra em detergente neutro e proteína bruta para fibra em detergente ácido. O uso de calcário e silicato é benéfico para o desenvolvimento das plantas e melhoria da digestibilidade de *Urochloa brizantha*. Além disso, a tiamina diminui a relação entre massa seca da parte aérea e massa seca da raiz e pode refletir em uma técnica para aumentar a resistência ao déficit hídrico, que pode ser estudada futuramente.
PALAVRAS-CHAVE: Forrageira tropica, vitamina B1, proteção vegetal, produção de forragem, gado.

INTRODUCTION

Brazil occupies a prominent position in the world scenario of beef production, since the country has the largest commercial herd, is the largest exporter and second largest producer in the world (Carvalho; Zen, 2017). Most of the Brazilian production is based on animals raised on pasture, which is the most economical and practical way of offering food to cattle, making the cost of the Brazilian activity one of the lowest (Dias-Filho, 2014). Given the characteristics of extensive beef cattle, the country began to invest more in technologies to improve production, and from the 1980s onwards, public and private institutions in Brazil began to intensify the launch of new cultivars of pasture such as Marandu, Mombasa and Tanzania, which currently account for most of the Brazilian pasture area, especially the cultivar Marandu (Valle et al., 2014).

Livestock farming is an activity that can be implemented and conducted without adequate preparation of the area or intensive use of agricultural inputs, even if this practice does not provide success in the implantation and establishment of the culture. Thus, livestock allows farmers to produce, even with low efficienc , extensively (Dias-Filho, 2014). However, to avoid soil degradation and ensure high productivity of pastures over the years, some management practices must be adopted, allowing the maintenance of productivity, with a view to the export of nutrients caused by the grazing of animals (Artur; Monteiro, 2011). In this context, soil amendment is an essential step in the establishment of pasture, as it is a monoculture.

In the search for alternative sources that can replace limestone as a soil improver and/or nutrient supplier, some studies developed show that calcium silicate ($CaSiO_3$) is promising, both as a soil amendment and as a supplier of calcium, magnesium and silicon for the implanted crops, and the silicon available to the plant increases resistance to diseases and pests and decreases its transpiration rate (Corrêa et al., 2007; Moraes et al., 2018). It is also a nutrient considered beneficial for plants that accumulate this element, such as tropical grasses (Fortes et al., 2008). Concomitantly with the good practices of implantation of the culture, it appears that new technologies are being explored in order to improve the quality of the pastures, as is the case of vitamins.

The use of vitamins exogenously in agricultural crops is a practice that is being studied, among these vitamins are those belonging to the B complex, such as thiamine (vitamin B1). According to Goyer (2010), this vitamin plays a key role as an enzymatic cofactor acting on amino acids and carbohydrates, in addition to being directly linked to plant responses to biotic and abiotic stresses. In grasses such as sweet corn, the application of thiamine in seed treatment, either alone or together with *Azospirillum brasilense*, provides a positive economic return, since the cost of production is practically not affected by its use (Vendruscolo et al., 2018). Also, for *Urochloa decumbens* the treatment with thiamine, combined with the inoculation with *A. brasilense*, promoted a higher chlorophyll concentration Vendruscolo et al., 2021).

Given the above, the objective of this research was to evaluate the effect of different sources of soil amendments (limestone and calcium silicate) and doses of thiamine on the initial development of *Urochloa brizantha.*

MATERIAL AND METHODS

The experiment was carried out in a greenhouse covered with a polyethylene screen, at the State University of Mato Grosso do Sul- UEMS, in the Agronomy Department of the University Unit of Cassilândia, Brazil (19º 06’ 48”S; 51º 44’ 03”W and average altitude of 510 m), from August to December 2018. The climate of the region is defined as rainy tropical (AW) with rainy summers and dry winters (winter precipitation less than 60 mm). The experimental environment is characterized by dimensions 18.0 x 8.0 m and a ceiling height of 3.5 m, containing a black polyethylene screen on the sides and transparent plastic in the upper portion.

Polyethylene pots with a capacity of 5 dm^3 were used, filled with ravine soil (Neosolo quartzarênico), sieved in a 5 mm mesh, from the 0.20-0.40 m layer, which has a pH ($CaCl_2$) = 4.5, organic matter = 10.1 g dm^{-3}, P (Mehlich-1) = 6.6 mg dm^{-3} , K^+ = 0.18 $cmol_c$ dm^{-3} , Ca^{2+} = 0.50 $cmol_c$ dm^{-3} , Mg^{2+} = 1.00 $cmol_c$ dm^{-3} , H+Al = 2.9 $cmol_c$ dm^{-3} , Al^{3+} = 0.44 $cmol_c$ dm^{-3} , cation exchange capacity = 4.6 $cmol_c$ dm^{-3} and base saturation = 36.7%. In treatments where the soil was corrected, the base saturation increased to 60%, being considered ideal

for the cultivation of *Urochloa brizantha* (Werner et al., 1997).

The experimental design was randomized blocks, arranged in a 4x3 factorial scheme, with four replications. Being the treatments constituted by two sources of soil amendments and without amendment. The selected sources were limestone and calcium silicate, applied in doses equivalent to 3.75 mg vase^{-1} or 1.5 Mg ha^{-1}. In order to allow the soil amendments to react with the soil, it will be incubated for three weeks with approximately 70% of the retention capacity. The second variation factor is the use of four doses of thiamine (vitamin B1), applied as foliar treatment, at concentrations of 0, 100, 200 and 300 mg L^{-1}, ten days after emergence.

Each experimental unit consisted of a pot, with a total of 48 units and each one received eight seeds. After germination and establishment of the plants, thinning was performed leaving only four plants per pot. The cultural treatments were similar between all treatments, using 1g dm^{-1} of soil formulated 04-14-08.

The biometric variables analyzed were tiller number (TN), plant height (PH), root fresh mass (RFM), shoot fresh mass (SFM), shoot dry mass (SDM), root dry mass (RDM), shoot dry mass and root dry mass ratio (MSPA/MSR), while the bromatological variables were made for crude protein (CP), neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF) and the CP/NDF (PNR) and CP/ADF (PAR) ratios.

The measurement of plant height in centimeters was determined from the ground level to the maximum height of the plants, with a graduated ruler. The number of tillers was counted at the time of cutting the plants, which was carried out when the plants reached 50 days. The fresh mass of the shoot was obtained by cutting close to the ground and later weighing, the fresh mass of the root was obtained after washing and weighing, both results were expressed in g vase^{-1}.

To obtain the dry mass of both shoots and roots, an oven with forced air circulation at 65º for 72 hours was used. For total dry mass, the sum of SDM+RDM was made, obtaining the results all in g vase^{-1}. The SDM/RDM ratio consisted of the simple division between these characteristics.

The data were submitted to analysis of variance and the means compared by the LSD test at 5% of probability, in the case of significant effects of the F test ($p \leq 0.05$) for soil amendments and thiamine concentrations, using the statistical software Sisvar version 5.6 for Windows (Ferreira et al., 2014).

RESULTS

There was no interaction between the variables analyzed for all characteristics. However, there was an effect of soil amendment application in relation to plant height, root fresh and dry mass, crude protein, acid detergent fiber and CP/PAR ratio (Table 1). These results can be related to the application technique, as the application was performed without

the addition of an adjuvant to the solutions.

Factor of variation	DF	TN	PH	SFM	RFM	SDM	RDM
Block	3	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Sources (S)	2	ns	**	ns	**	ns	*
Thiamine (T)	3	ns	ns	ns	ns	ns	ns
S x T	6	ns	ns	ns	ns	ns	ns
error	33						
C.V. (%)		23.29	7.07	21.79	16.27	10.95	16.29
Factor of variation	G.L.	SDM/RDM	CP	NDF	ADF	PNR	PAR
Block	3	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Sources (S)	2	ns	*	ns	**	ns	**
Thiamine (T)	3	*	ns	ns	ns	ns	ns
S x T	6	ns	ns	ns	ns	ns	ns
error	33						
C.V. (%)		17.28	10.60	3.28	3.93	12.06	5.22

Ns = non-significant; DF = degree of freedom. * and ** = significant at 0.10 and 0.05 levels, respective .

Table 1. Analysis of variance for developmental characteristics and bromatology of *Urochloa brizantha* subjected to different sources of soil amendments and foliar application of thiamine.

For plant height, the superiority of the application of calcium silicate in relation to the control was observed, with no significant difference for limestone. In addition, there was a superiority of treatments with soil amendments when the characteristics of fresh and dry root mass were evaluated, without, however, any significant difference between the application of silicate and the control treatment for root dry mass (Figure 1).

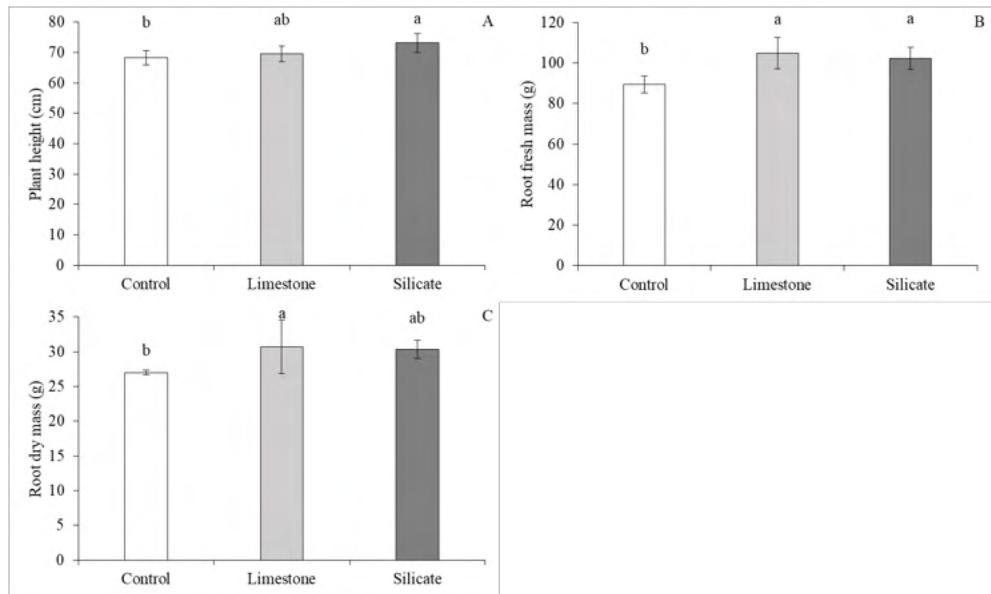



Figure 1. Height, fresh and dry mass of *Urochloa brizantha* roots subjected to different soil amendments. Bar represented mean ± SE (n = 4); Different letter on bars represent significant deference between means.

Treatments with different concentrations of thiamine significantly affected the SDM/RDM ratio, with the lowest value obtained at the dose of 300 mg L^{-1} (Figure 2). In this concentration, there was an average reduction of 15.15% of the value, in relation to the other treatments.

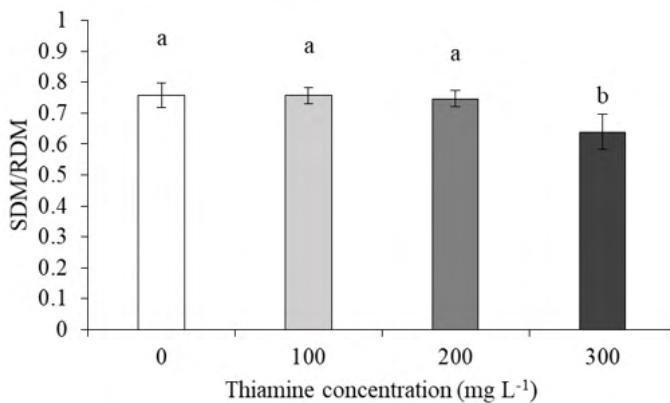



Figure 2. Relationship between shoot dry mass and root dry mass of *Urochloa brizantha* subjected to different thiamine concentrations. Bar represented mean ± SE (n = 4); Different letter on bars represent significant deference between means

The control treatment stood out in terms of crude protein and acid detergent fibe content, but without significantly differing from the limestone and silicate treatments,

respectively. On the other hand, there was superiority of the limestone treatment over the control treatment when the CP/ADF ratio was evaluated, without any significant difference for the silicate treatment (Figure 3).

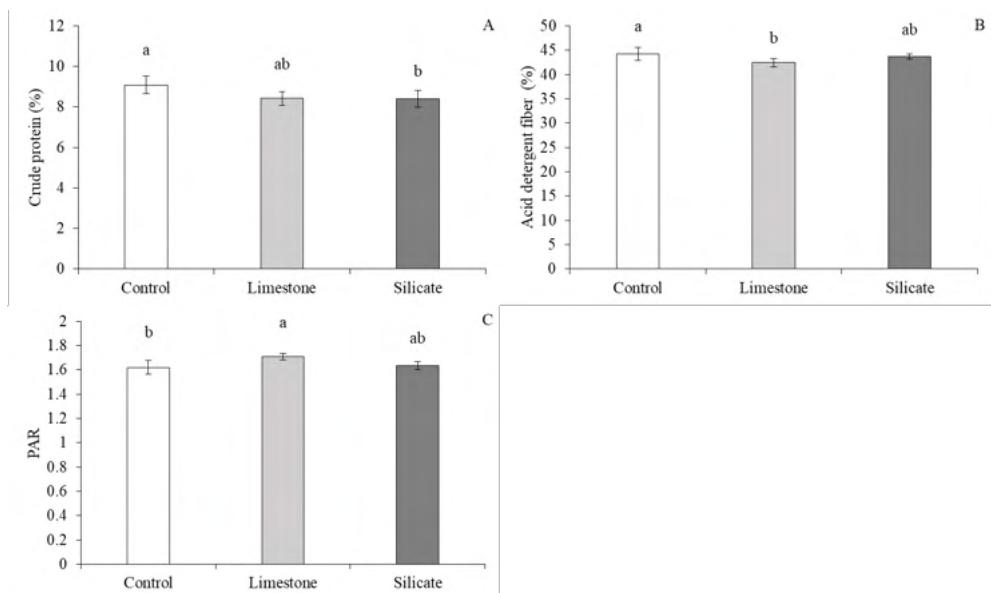



Figure 3. Crude protein (A), acid detergent fiber (B) and CP/ADF ratio (C) in *Urochloa brizantha* subjected to different soil amendments. Bar represented mean ± SE (n = 4); Different letter on bars represent significant deference between means

DISCUSSION

Pasture management has been carried out with the aim of intensifying animal production, reducing production seasonality, preventing degradation and/or recovering degraded pasture areas (Berça et al., 2021). The vast majority of Brazilian soils have medium to high acidity (Zambrosi et al., 2014), that is, the content of free hydrogen ions (H^+) gives the soil a low hydrogenic potential (pH), being characterized by acidic solutions. The importance of this attribute is strictly related to the availability of nutrients in the soil, the influence on root growth and the development of microorganisms in the soil (Taiz et al., 2017).

In view of the above, for plant height, the superiority of the application of calcium silicate in relation to the control was observed, with no significant difference for limestone (Figure 1). Studies show that in bromatological analysis by plants of *B. brizantha* at heights of 0.60 meters, they observed that the plants submitted to the application of limestone and agricultural gypsum showed better performance than the control (without application). This is probably due to the fact that soil amendment improved acidity conditions, which

immediately made possible a greater amount of nutrients for *Brachiaria*, since soil acidity impairs the availability of nutrients to plants (Castro; Rezende, 2021).

Treatments with different thiamine concentrations significantly affected the SDM/RDM ratio (Figure 2). The application of thiamine in some species can provide the effect of biostimulant, increasing biometric and reproductive characteristics. Therefore, the exogenous application of thiamine increases the chlorophyll content in the leaf tissues, boosts the height and the accumulation of dry mass in the tissues, in addition to promoting the development of branches, flowers and grains. (Hendawy & El-Din 2010, Bedour & Rawia 2011, Mahgoub et al. 2011, Soltani et al. 2014, Vendruscolo et al. 2017).

When the CP/ADF ratio was evaluated, the limestone treatment was superior to the control treatment (Figure 3). This was possibly due to the amendment of the soil profil having favored the root growth of the plant and, therefore, a better use of the nutrients found in the soil was obtained. Castro and Rezende, 2021, testing the application of liming and gypsum in *Brachiaria brizantha*, were able to conclude that, if significant results were obtained when the soil amendment applications were carried out and in the absence of gypsum, the crude protein concentration in the plant was 31% lower than that observed in the treatment with isolated use of liming, these results affirm the benefit of liming and plastering in pasture areas.

In addition to the chemical and physical characteristics mentioned, the change in soil pH can negatively and intensely modify the microbial biomass of the soil, its activity and the bacteria/fungus ratio. The amount and composition of soil microbial biomass can be affected according to the amount of organic material, aeration, humidity, temperature, pH, cultivation system, fertilization, crop rotation, soil texture, among others (Moreira et al., 2006; Kamble et al., 2018).

The exogenous application of thiamine may appear as a technique, both aiming at the better development of plants, as well as a greater productivity of the same, when considering the alleviation of the effects from environmental stresses. Although there are studies demonstrating the feasibility of applying this element (Vendruscolo et al. 2018), the constancy of research, under different experimental conditions, is essential for the implementation of vitamins in plant production.

In conclusion, it is possible that the use of limestone and silicate is beneficial for plant development and improvement of *Urochloa brizantha* digestibility. In addition, under the conditions in which the experiment was carried out, thiamine did not significantly affect the development and bromatological quality of the plants. However, the reduction effect on the relationship between shoot dry mass and root dry mass may reflect on a technique for increasing resistance to water deficit, which can be studied in the future.

REFERENCES

Artur, A. G., & Monteiro, F. A. (2014). Marandu palisadegrass growth and nutrient accumulation as affect by nitrogen and sulfur fertilizations. Australian Journal of Crop Science, 8(3), 422-429.

Berça, A. S., Cardoso, A. D. S., Longhini, V. Z., Tedeschi, L. O., Boddey, R. M., Reis, R. A., & Ruggieri, A. C. (2021). Protein and carbohydrate fractions in warm-season pastures: effects of nitrogen management strategies. Agronomy, 11(5), 847. DOI: 10.3390/agronomy11050847

Bedour, A. A. L., & Rawia, A. E. (2011). Improving gladiolus growth, flower keeping quality by using some vitamins application. The Journal of American Science, 7(3), 169-174.

Carvalho, T. B., & De Zen, S. (2017). A cadeia de Pecuária de Corte no Brasil: evolução e tendências. Revista iPecege, 3(1), 85-99. DOI: 10.22167/r.ipecege.2017.1.85

Castro, F. R. de.; Rezende, C. F. A. (2021). Use of soil correctives and the recovery of degraded pasture of *Braquiaria brizantha* . Research, Society and Development, 10(15), e76101522617. DOI: 10.33448/rsd-v10i15.22617.

Corrêa, J. C., Büll, L. T., Crusciol, C. A. C., Marcelino, R., & Mauad, M. (2007). Correção da acidez e mobilidade de íons em Latossolo com aplicação superficial de escória, lama cal, lodos de esgoto e calcário. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 42, 1307-1317. DOI: 10.1590/S0100-204X2007000900013

Dias-Filho, M. B. (2014). Diagnóstico das pastagens no Brasil. Embrapa Amazônia Oriental-Documentos (INFOTECA-E).

Fortes, C. A., Pinto, J. C., Furtini Neto, A. E., Morais, A. R. D., Evangelista, A. R., & Souza, R. M. D. (2008). Níveis de silicato de cálcio e magnésio na produção das gramídeas Marandu e Tanzânia cultivadas em um Neossolo Quartzarênico. Ciência e Agrotecnologia, 32(1), 267-274. DOI: 10.1590/S1413-70542008000100038

Goyer, A. (2010). Thiamine in plants: aspects of its metabolism and functions. Phytochemistry, 71(14-15), 1615-1624. DOI: 10.1016/j.phytochem.2010.06.022

Gurmessa, B. (2021). Soil acidity challenges and the significance of liming and organic amendments in tropical agricultural lands with reference to Ethiopia. Environment, Development and Sustainability, 23(1), 77-99. DOI:10.1007/s10668-020-00615-2

Hendawy, S. F., & El-Din, A. E. (2010). Growth and yield of Foeniculum vulgare var. azoricum as influenced by some vitamins and amino acids. Ozean Journal Applied Science, 3(1), 113-123.

Kamble, P. N., & BÅÅTH, E. (2018). Carbon and nitrogen amendments lead to differential growth of bacterial and fungal communities in a high-pH soil. Pedosphere, 28(2), 255-260. DOI: 10.1016/S1002-0160(18)60014-1

Mahgoub, M. H., Abd El Aziz, N. G., & Mazhar, M. A. (2011). Response of Dahlia pinnata L. plant to foliar spray with putrescine and thiamine on growth, flowering and photosynthetic pigments. American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences, 10(5), 769-777.

Moraes, E. R., dos Reis, A. C., da Silva, N. E. P., Ferreira, M., & de Menezes, F. G. (2018). Nutrientes no solo e produção de quiabo conforme doses de silicato de cálcio e magnésio. Revista de Agricultura Neotropical, 5(1), 60-65.

Moreira, F. M. S, & Siqueira, J. O. (2002). Microbiologia e bioquímica do solo. 2 ed. Editora Ufla

Soltani, Y., Saffari, V. R., & Maghsoudi Moud, A. A. (2014). Response of growth, flowering and some biochemical constituents of *Calendula officinalis* L. to foliar application of salicylic acid, ascorbic acid and thiamine. Ethno-Pharmaceutical Products 1: 37-44.

Taiz, L., Zeiger, E., Møller, I. M., & Murphy, A. (2015). Plant physiology and development (No. Ed. 6). Sinauer Associates Incorporated.

Valle, C. D., Barrios, S. C. L., Jank, L., & Santos, M. F. (2014). Melhoramento de plantas forrageiras para uma pecuária de baixa emissão de carbono. Intensificação da produção animal em pastagens. GEPI, Sinop, MT, 109-140.

Vendruscolo EP; Oliveira PR; Rodrigues AHA; Correa SR; Campos LFC; Seleguini A; Lima SF. (2021). Chlorophyll concentration and production of *Urochloa decumbens* treated with diazotrophic bacteria and thiamine in the Brazilian Cerrado. Tropical Grasslands, 9(1):134-137. DOI: 10.17138/tgft(9)134-137

Vendruscolo, E. P., de Oliveira, P. R., & Seleguini, A. (2017). Aplicação de niacina ou tiamina promovem incremento no desenvolvimento de mostarda. Revista Cultura Agronômica, 26(3), 433-442. DOI: 2446-8355.2017v26n3p433-442

Vendruscolo, E. P., Siqueira, A. P. S., Rodrigues, A. H. A., de Oliveira, P. R., Correia, S. R., & Seleguini, A. (2018). Viabilidade econômica do cultivo de milho doce submetido à inoculação com *Azospirillum brasilense* e soluções de tiamina. Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences, 61, 1-7. DOI: 10.22491/rca.2018.2674

CAPÍTULO 10

TOTAL REPLACEMENT OF FISHMEAL BY SOYBEAN, RAPESEED AND LUPINE MEALS IN CHILEAN SOUTHERN RIVER CRAYFISH JUVENILES, *Samastacus spinifrons*

Data de aceite: 03/10/2022

Italo Salgado-Leu
School of Aquaculture, Universidad Católica de Temuco
Temuco, Chile

Andrés Salgado-Ismodes
School of Aquaculture, Universidad Católica de Temuco
Temuco, Chile

ABSTRACT: One of the concerns for maintaining the growth rate of aquaculture is the availability of inputs for the preparation of feed. As is well known, the most commonly used ingredient is fishmeal, an input which in the near future will no longer be sufficient for maintaining this growth rate. In this context, a proposal was made to establish the effects caused by a total replacement of fishmeal with vegetable ingredients such as soybean, rapeseed and lupin meals on the growth and survival rates of Chilean southern river crayfish juveniles, *Samastacus spinifrons*. To this end, 12 tanks (length 0.4 m; width 0.23 m; height 0.17 m) were prepared with customised PVC and mosquito net structures. The water flow rate was 0.132 L min^{-1}. 20 juveniles were allocated to each tank, and isoproteic feed (30%) was administered once a day. After 100 days, no significant differences were found in the growth parameters between the fish meal-based diet and the diets made from soybean, rapeseed and lupin meal. In terms of survival rates, rapeseed and lupin significantly out-performed soybean and fishmeal. No difference was observed between the latter two.

KEYWORDS: S. spinifrons, fishmeal, soybean, raps, lupin, replacement

1 | INTRODUCTION

In the culture of aquatic organisms, fishmeal is a high quality protein input for diet preparation. This is due to the fact that it contains suitable components, has good palatability and has been relatively abundant. Its use in aquaculture is 73% of the 6 to 7 million tonnes that are produced annually, and it has been increasing in other similar industries such as poultry farming, pig farming and others (Jackson & Aldon, 2012). The continued rapid expansion, which the aquaculture industry is experiencing, cannot be sustained based on the use of fishmeal as the main ingredient in diet formulation. As such, it is imperative that the use of fishmeal in feeds be reduced and replaced with plant-based sources of protein.

The replacement of fishmeal with vegetable proteins has its limitations due to the generally lower quality and concentration of proteins in vegetable sources compared with fishmeal, along with the fact that the palatability of the majority of vegetables is relatively low. However, vegetable protein offers lower costs and greater availability compared with fishmeal Given this cost advantage, the quality of the

protein from these vegetables could be improved during the production phase (Drew, Borgeson, & Thiessen, 2007).

Among the vegetables used as fishmeal substitutes in aquatic organism diets are soybean, canola/rapeseed, lupin, pea and flax meal (Table 1). Some of the characteristics that should be highlighted are the lower crude protein content of vegetables compared with fishmeal, as well as the presence of heat-labile and heat-stable compounds that negatively affect their usability. Global production of the three primary inputs (soya, rapeseed and lupin) has increased from 286 (2009) to 386 (2016) million tonnes per year (Table 2).

1.1 Characteristics of the vegetable ingredients used

1.1.1 Global production volumes of soybean, rapeseed and lupin

a) Soybean meal

Soybean meal is the vegetable most used as a source of proteins in animal diets. It has the advantages of high yields and high crude protein and lysine content, as well as being supply and cost stable. However, it has a relatively low protein efficiency ratio (PER) (1.60) and contains heat-labile and heat-stable compounds (Table 1). Its low PER is due essentially to its low methionine content (Sarwar, 1985).

There are a good number of studies which show that a high level of soybean in their diets leads to reduced growth and lower feed efficiency in aquatic organisms (Tacon, 1983); (Kaushik et al., 1995). High soybean meal content causes pathological changes to the intestinal mucosa of Atlantic salmon, and it is suggested that this is due to a reduction of intestinal villi and a thickening and infiltration of the mucosa with inflammatory cells (Baeverfjord & Krogdahl, 1996), and changes in bacterial flora (Drew et al., 2007), possibly leading to levels of necrosis in parts of the intestine as caused by *Clostridium perfringens* in birds (Drew et al., 2007).

Soybeans also contain heat-labile compounds which are trypsin inhibitors but, fortunately, these can be removed during soybean meal processing (Arndt, 1999). They also contain heat-stable compounds like saponins, phytates, phytoestrogens and protein antigens which must be removed by other methods, such as aqueous or solvent extraction, fractionation or use of exogenous enzymes (Bureau, Harris, & Cho, 1998; Refstie, Storebakken, & Roem, 1998).

The main producers of soybeans (in millions of tonnes) are: USA (106.9), Brazil (100), Argentina (57), China (12), Paraguay (8.8), India (8) and Canada (6.2) (Soja, 2016). In January 2016, the U.S. Department of Agriculture (USDA) estimated that 2015/2016 global soybean production would be 319.01 million tonnes (Table 2). Last year's global production was 318.8 million tonnes, meaning an increase of 0.21 million tonnes or 0.07% in global soybean production.

b) Rapeseed

Rapeseed is the protein ingredient with the second highest production after soybeans. It is also known as colza or canola. The cost per amount of protein is almost half that of fishmeal, and its PER value is high (3.29) (Sarwar et al., 1984). However, it contains heat-labile and heat-stable compounds, which limit its use in aquaculture diets (Table 1).

This ingredient has been studied alongside a variety of aquatic species: trout, *Oncorhynchus mykiss* (Hilton & Slinger, 1986), Chinook salmon, *Oncorhynchus tsawytscha* (Satoh et al., 1998), and Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (Soares, Hayashi, de Faria, & Furuya, 2001). Its high fibre and low protein content, combined with low total tract digestibility coefficients of protein, dry matter and energy are restrictive to its commercial use in aquaculture diets. Inclusion of rapeseed in the order of 200 g kg^{-1} in diets for trout juveniles does not affect growth (R. Hardy & Sullivan, 1983). However, Hilton and Slinger (1986) demonstrate that levels of 135 g kg^{-1} reduce growth rate in young trout. There are also studies of crustacean species: *Litopenaeus vannamei* (Cruz-Suarez, 2001; Lim et al., 1997) and *Marsupenaeus japonicus* (Bulbul, Kader, Koshio, Ishikawa, & Yokoyama, 2014).

Heat treatment is beneficial for its use in fish diets. There is a reduction in glucosinolates, although there is always concern about the effect that this has on thyroid function, feed acceptance, renal and hepatic function, and growth in fish (R. Hardy & Sullivan, 1983; R. S. Hardy, C, 1983). In the case of chickens, glucosinolate has no effect, whereas in the case of fish like the Chinook salmon, growth was reduced when fishmea was replaced by rapeseed (Satoh et al., 1998). However, when rapeseed which has been extruded at 90 or 150°C is used, no growth rate differences were observed.

In addition to glucosinolates, rapeseed contains a relatively low level of protein and high levels of fibre and phytates. Clearly, this reduces its value for aquaculture diets (Drew et al., 2007). The value of rapeseed can be boosted by grinding at 60 mesh; this breaks down the structure of the fibre and increases the protein content (Thiessen, Campbell, & Adelizi, 2003). Under these conditions the levels of fibre and phytates can be reduced even further by aqueous extraction of the protein (Thiessen, Maenz, Newkirk, Classen, & Drew, 2004) in order to produce rapeseed protein concentrate.

The main global producers of rapeseed (in millions of tonnes) are: European Union (21.8), Canada (17.2), China (14.1), India (6) and Japan (2). Last year's global production was 72.2 million tonnes. The current season's estimated 67.72 million tonnes could mean a decrease of 4.4 million tonnes, or 6.1% less rapeseed production around the world (Colza, 2016).

c) Lupin

This general term encompasses various species of lupin, with high protein content (350-500 g kg^{-1} on the basis of dry matter) and lipid content (80-100g/kg^{-1}). The white

lupin variety (*Lupinus albus*) represents the "sweet lupins" for their low alkaloid content (Roemer, 1993). The lupin's protein has a good balance of amino acids and a PER of 2.32 (Table 1). However, sweet lupins contain some heat-labile compounds (protease inhibitors) and heat-stable compounds (non-starch polysaccharides, saponins, protein antigens and phytoestrogens). These varieties of lupins have some drawbacks compared with soybean meal, such as lower protein levels and high levels of fibre, non-starch polysaccharides and alkaloids (Francis, 2001). However, they have several advantages over soybeans in that sweet lupins do not require thermal treatment in order to be used in aquaculture diets, due to the absence of lectins and low levels of protease inhibitors (Higuera et al., 1988).

In terms of the digestibility of unprocessed sweet lupin meal, studies have been done with various species of fish (Table 3). The total tract digestibility coefficient for crude protein was greater than 0.90 in trout (B. Glencross et al., 2004), Nile tilapia (Fontainhas-Fernandes, Gomes, Reis-Henriques, & Coimbra, 1999) and Australian yellowtail (Booth, Allan, Frances, & Parkinson, 2001), as well as in crustaceans*: Penaeus monodon* (Sudaryono, Tsvetnenko, & Evans, 1999) and *L. vannamei* (Molina-Poveda, Lucas, & Jover, 2013). Gross dry matter and energy digestibility is low due to the presence of indigestible fibre and non-starch polysaccharides (Brett D. Glencross, Boujard, & Kaushik, 2003). Extrusion at 145°C increases the gross dry matter and energy digestibility in rainbow trout, offering better yields in growth, intake and feed efficiency (Bangoula, 1993)

1.2 The organism under investigation

The Chilean southern river crayfish, *Samastacus spinifrons*, is a species which can be found from the Aconcagua river all the way to the Taitao peninsula. It reaches a good size and has a good tail proportion (35% of the total weight), and offers good flavour and versatility for human consumption. (Salgado & Tacon, 2015).

There are many studies of fishmeal replacement in aquaculture diets, which have been carried out with species of crustaceans, and results have been varied. The majority of these studies involve partial replacement of fishmeal. Based on these foundations and having determined the protein requirements (30%) with fish meal-based diets in *S. spinifrons* juveniles (Salgado & Tacon, 2015), a study was proposed into total replacement of fish meal with soybean, rapeseed and lupin meal (individually) in order to observe the effects on growth and survival of those juveniles.

2 | MATERIALS AND METHODS

The pilot experiment was carried out in the laboratory of the School of Aquaculture at the Universidad Católica de Temuco (UCT), Chile, in an open flow water system (Q=0.132 L min^{-1}). 12 experimental units were used, consisting of plastic containers of area 0.092 m^2 (length: 0.40 m x width: 0.23 m) and volume 0.016 m^3 (height: 0.17 m). These were

equipped with 20 individual numbered pens of 45 cm^2 which would each be occupied by one specimen in order to observe growth individually and avoid cannibalism. The individual pens were made from sheets of PVC and 3mm mesh mosquito netting to allow for water and air circulation between them.

The juveniles all came from the same birth cohort of the breeding stock kept in the School of Aquaculture's laboratories, and had an average individual weight of 0.477 g. The experiment design was simple and completely random, involving four applications (rapeseed, lupin, soybean and control), with three replications each. 12 experimental units were used, meaning a total of 240 individuals.

The formulated diets were isoproteic (Table 4). The formulation was calculated in an Excel spreadsheet, maintaining ingredient proportions which would result in protein content of 30% and lipid levels of between 6 and 7.5%, in line with the content of the control diet (Ackefors, Castell, Boston, Raty, & Svensson, 1992). All of the diets had a vitamin and mineral supplement added to them. Each of the experimental diets was then produced according to the formulations generated. The component ingredients were each ground to a size of 300 microns. Then the correct weight of each ingredient was measured out according to the generated formulations. Subsequently the principal dry ingredients were mixed. The other ingredients were mixed separately. The wheat meal was added to cold water and cooked to form a gelatin, then added to each mixture. The oil and the secondary mixture were then mixed and added to the larger mixture. This process was carried out in a model K5SS KitchenAid mixer over a period of 20 minutes. To make the pellets, the mixture was passed through an RCA meat grinder with a sieve of 1.5 mm holes, and formed into continuous ribbons of moist feed. These were then moved to the kiln (55 °C) for 24 hours. Once dehydrated, the feed was broken up into 2mm lengths. As with the ingredients, the diets were then analysed in the nutrition laboratory of the School of Aquaculture (UCT) using the AOAC Official Methods of Analysis (AOAC, 2006).

The experiment ran for a period of 100 days. The juveniles were fed until they appeared to be satisfied, once a day. Before the next feeding, the uneaten feed was removed from each pen using a syphon and stored in individual plastic bags. These were kept refrigerated. Every 20 days, the leftovers were dried in the kiln and weighed. This figur was removed from the total feed figure for each pen and in this way, the quantity of feed consumed could be established. Additionally, the water temperature and dissolved oxygen levels were measured using a WPW OXI 330 digital oxygen meter with a sensitivity of 0.01 mg/L^{-1}.

Measurements were taken of each specimen every 20 days. On each occasion, a measurement was taken of the total length using a millimetre ruler, and of the individual weight using a LAK analytical balance with a limit of 217 g and an accuracy of 0.0001 g. Survival was recorded daily at feeding time. Dead individuals were removed, identified by pen number and weighed.

2.1 Growth parameters

The following growth parameters were used:

- Absolute individual weight increase = Final individual weight – Initial individual weight
- Relative increase in individual weight = [(Final individual weight – Initial individual weight) / Initial weight] * 100
- Specific growth rate (SGR) = [(Final individual weight – Initial individual weight) / T (days)] * 100
- Gross biomass increase = (Final biomass – Initial biomass) + Biomass increase of dead individuals

2.2 Nutritional parameters

Feed conversion ratio = Feed consumed / Gross biomass increase

Protein efficiency ratio = Gross biomass increase / Quantity of protein consumed*

*Quantity of protein consumed = Feed consumed x % of protein in the diet

2.3 Survival

(Final number of individuals / Initial number of individuals) * 100

2.4 Statistical analysis

In the first instance, normality, homoscedasticity and independence of variance were verified

The data obtained were ordered and evaluated using a one-way analysis of variance (ANOVA), with a confidence interval of 95% ($p<0.05$). Mean comparison was done using Tukey's test. The Minitab v.17 programme was used for all of these analyses.

3 | RESULTS

In Table 5, the results suggest that a total replacement of fishmeal by vegetable ingredients in diets achieves the following increases in biomass: the greatest increase is with soybean (35.54%), followed by the control (33.38%), then with lupin (25%) and finall with rapeseed (22.84%). There are no significant differences between these new diets, nor compared to fishmeal

Rapeseed, lupin and soybean do not affect the growth of *S. spinifrons* juveniles. This can be concluded from the fact that no significant differences were observed in the production variables between these different diets. The survival variable is the one exception: the soybean-based diet (32.5%) does not differ from the lupin-based diet (37.5%) nor from the control (17.5%). By contrast, all of these differ from the rapeseed-based diet (75%). It can be seen that vegetable diets improve the survival of organisms compared with fishmea diets.

Despite the results of the statistical tests, in practical terms, the soybean-based diet produced the best results in biomass gain (35.54%), in conversion factor (1.75) and in protein efficiency ratio (1.99)

4 | DISCUSSION

This study demonstrates that total replacement of fishmeal in diets by vegetable ingredients such as soybean, rapeseed and lupin has similar effects in terms of growth parameters in *S. spinifrons* juveniles. This is evidenced by the lack of statistical difference in the individual weight increase, SGR, biomass gain, feed conversion ratio and protein efficiency ratio variables

4.1 With soybean meal

Of all the vegetable ingredients, soybean meal has been the most studied and utilised in aquaculture diet preparation (Akiyama, 1991).

In the species of crustaceans that have been studied, the replacement of fishmea by soybean meal seems to have different tolerance levels to diets where fat-free soybean meal is used. (Fuertes, Celada, Carral, Saez-Royuela, & Gonzalez-Rodriguez, 2012). For example, in studies with *L. vannamei*, replacing up to 40% of the animal protein in their diets with soybean meal protein does not affect growth or feed efficiency (Lim & Domin , 1990).

In *Cherax quadricarinatus*, it was observed that a replacement in the order of 25% can reduce their growth (Garcia-Ulloa, Lopez-Chavarin, Rodriguez-Gonzalez, & Villarreal-Colmenares, 2003).

In *Macrobrachium rosenbergii*, their growth and feed efficiency was reduced when the replacement level was as low as 20% (Du & Niu, 2003). This will depend on the feeding behaviour of the animal.

In *Pascifastacus leniusculus*, it was demonstrated that in diets with 50% protein content, up to 25% of the protein derived from fishmeal can be replaced by soybean for juveniles. Greater levels of replacement affect survival and growth (Fuertes et al., 2012).

Similar results were observed in *Ch. quadricarinatus* (Garza, Davis, Rouse, Ghanawi, & Saoud, 2012), working with soybean meal-based diets (350 g kg^{-1} crude protein, 71 g kg^{-1} lipids) combined with fish meal, by-products of the chicken industry, pea meal or dry grain distillates as sources of protein. No significant differences in growth or feed conversion ratio (FCR) were found. Similarly, Muzinic et al. (2004) obtained the same results by replacing fishmeal with soybean meal and grains and yeast from the brewing industry. In the same way, Saoud et al. (2008) studied the reactions of *Ch. quadricarinatus* juveniles to six diets (260 g kg^{-1} crude protein, 70 g kg^{-1} raw lipid) in which fish meal was replaced to various degrees with by-products of the chicken rearing industry. Yuniari et al., 2011 (Saoud, Garza, & Ghanawi, 2012) used snail (*Pomacea canaliculata*) meal to replace fish meal, finding t same results. Thompson et al. (2005) demonstrated that in closed circulatory systems, red

claw juveniles can be offered a diet with 350 g kg^{-1} of crude protein without the inclusion of fishmeal, but with a combination of vegetable ingredients such as soybean meal, wheat and brewing grains with yeast, without affecting their growth. In the case of raising juveniles in earthen ponds, fishmeal can be replaced with soybean meal, brewing grain distillates and maize, maintaining growth rate (Thompson, Metts, Muzinic, Dasgupta, & Webster, 2006).

In other species of crustaceans, (Roy et al., 2009)) obtained identical results in *L. vannamei* using the same diets and at lower levels of salinity than Garza et al. (2012). This can be explained by the omnivorous nature of the majority of crustaceans, which gives them the capacity to digest and absorb nutrients not only from fish meal but also from vegetable ingredients (Campana-Torres, Martinez-Cordova, Villarreal-Colmenares, & Civera-Cerecedo, 2005).

With *Macrobrachium tenellum*, replacing fish meal with different levels of soybean meal resulted in no significant differences in growth and survival rate (Gomez, Lopez-Aceves, Ponce-Palafox, Rodriguez-Gonzalez, & Arredondo-Figueroa, 2008).

Procambarus clarkii juveniles exhibited similar growth behaviour compared with commercial diet (McClain & Romaire, 2009).

With *Macrobrachium nipponense*, total replacement of fishmeal with fermented soybean meal did not affect either growth or survival, just like in this study. The best results were achieved with a 25% replacement (Ding, Zhang, Ye, Du, & Kong, 2015).

On the other hand, there are studies which have resulted in different marginal growths in red claw (*Ch. quadricarinatus*) juveniles when fishmeal has been replaced with soybean meal at different levels. In these experiments, diets with fishmeal offered better growth and more frequent shedding than those diets with varying levels of soybean meal (Garcia-Ulloa et al., 2003).

Better yields from soybean than from lupin and rapeseed could be due to their high lignin content, and therefore reduced digestibility (Pavasovic, Anderson, Mather, & Richardson, 2007).

The nutritional limitations of soybean meal as a diet ingredient for aquatic organisms are well known. Compared to fishmeal, soybean meal is deficient in lysine, methionine, threonine and arginine (Akiyama, 1991). There are in addition to this antinutritional factors present such as trypsin inhibitors, lectins, saponins and protein antigens (Brown, Brown, Hart, Curry, & Hittle-Hutson, 2008). Although the transformation of soybeans into meal, or submitting them to the extrusion process reduces the presence of antinutritional factors, these compounds, together with essential amino acid deficiencies, limit the quantity of soybean meal in aquaculture feeds (Brown et al., 2008).

In this study, none of the growth parameters were affected by total replacement of fish meal with soybean meal

b) With rapeseed meal

In the case of rapeseed, the same tendencies are seen as before. That is to say, as their use increases, growth and feed consumption are affected. Lim et al. (1997) suggests that rapeseed could constitute up to 30% of the protein source for *L. vannamei* without significantly affecting growth, feed consumption or survival rate. At this level they demonstrate that the moisture, protein and mineral content of the organism is not significantly altered when compared with fish meal-based diets. However, the stability of the pellet in water is reduced, as is the survival rate. For this reason, it is stated that the replacement content should be kept to 150 g kg^{-1}. Suppression of feed ingestion is attributed to the presence of antinutritional factors in rapeseed, such as sinapine, a phenolic compound responsible for the bitter flavour which this ingredient can exhibit. In the case of this species, it is demonstrated that it consumes its feed based on organoleptic conditions, and therefore feed consumption is affected by diets where a higher level of fish meal is replaced by rapeseed meal (Davis, 1993).

In case of *S. spinifrons* juveniles, all of these constraints were overcome.

c)With lupin meal

Lupin (L. albus) meal can replace fishmeal by up to 75% without affecting growth parameters and survival rate of *P. monodon* (Sudaryono et al., 1999). With higher replacement percentages, growth is significantly affected compared to the results obtained with *S. spinifrons*. The authors consider that, given that the diets are isoproteic, this reduction in growth must be down to the lower quality of lupin protein. In effect, lupin has a low content of lysine and other sulfur-containing amino acids: methionine and cysteine. However it has more arginine than soybeans, and a reasonable balance of essential amino acids. (B. D. Glencross, 2001). Consequently, Sudaryono et al. (1999) considered that the low levels of lysine, methionine and cysteine relative to the requirements of *P. monodon* is a consideration for the lower yield of lupin-based diets. In the case of this study, this consideration would not be a limiting factor. That is to say that, as with soybean and rapeseed, lupin would satisfy the essential amino acid requirements of *S. spinifrons*, as no growth rate differences were exhibited.

Lupin can be used to replace 40% of the fishmeal protein in *P. monodon* diets without causing an affect on growth rate (Smith, Tabrett, & Glencross, 2007).

One of the concerns about lupin is the alkaloid content, specifically of gramine. Smith et al. (2007) experimented with different content levels of this alkaloid, concluding that content levels of up to 500 g kg^{-1} do not compromise the growth of *P. monodon*.

Lupin can be used to replace fishmeal by up to 50% in *L. vannamei*, but above 75% replacement, weight gain and SGR are affected. This coincides with the findings of Sudaryono et al. (1999) described in the previous paragraph.

At all tested replacement levels, the digestibility of the diet reduces. This could be explained by the fact that they are marine organisms being given ingredients of terrestrial origin (Molina-Poveda et al., 2013). Drew et al. (2007) looked into the extrusion process for soybean, lupin and rapeseed as a means of improving the suitability of these ingredients in diets.

To summarise, the reduction in growth which is observed in experiments where fishmeal is replaced with proteins from various vegetable sources has been attributed to antinutritional factors and to an inadequate balance of amino acids in these sources (Lim & Dominy, 1990). Other contributing factors are a reduction in ingestion and a lowering of digestibility, which impact the SGR achieved (Molina-Poveda et al., 2013).

As has been observed, there are groups of crustaceans whose growth is affected by the replacement of fishmeal with vegetable ingredients. However, *S. spinifrons* belongs to the group whose growth is unaffected by this replacement, presenting the potential for dispensing entirely with fishmeal in the manufacture of their diets, at least at the juvenile phase.

REFERENCES

Ackefors, H., J. Castell, L. Boston, P. Raty, & M. Svensson. (1992). Standard experimental diets for crustacean nutrition research. II. Growth and survival of juvenile crayfish *Astacus astacus* (Linné) fed diets containing various amounts of protein,carbohydrate and lipid. *Aquaculture, 104*, 341-356.

Akiyama, D. M. (1991). The use of soy products and other plant protein supplements in aquaculture feeds. *Tech. Bull. Am. Soybean Assoc.*

AOAC. (2006). *Official methods of analysis* (I. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA. Ed. 18 ed.).

Arndt, R. E., R. W. Hardy, S. H. Sugiura & F. M. Dong. (1999). Effects of heat treatment anad substitution level on palatability and nutritional value of soy defatted flour in feeds for Coho salmon, *Oncorhynchus kisutch*. *Aquaculture, 180*, 129-145.

Baeverfjord, G., & A. Krogdahl. (1996). Development and regression of soybean meal induced enteritis in Atlantic salmon, *Salmo salar* L., distal intestine: a comparison with the intestines of fasted fish. *Journal of Fish Diseases, 19*, 375-387.

Bangoula, D., J. P. Parent et F. Vellas. (1993). Valeur alimentaire du lupin blanc *(Lupinus albus* var Lutop) chez la truite arc-en-ciel (*Oncorhynchus mykiss*). Effet de la cuisson-extrusion. *Reprod. Nutr. Dev., 33*, 325-334.

Booth, M. A., G. L. Allan, J. Frances & S. Parkinson. (2001). Replacement of fish meal in diets for Australian silver perch, *Bidyanus bidyanus* IV. Effects of dehulling and protein concentration on digestibility of grain legumes. *Aquaculture, 196*, 67-85.

Brown, P. B., B. J. Brown, S, Hart, J. Curry, & A. Hittle-Hutson. (2008). Comparison of soybean-based practical diets containing 32, 36, or 40% crude protein fed to hybrid striped bass in earthen culture ponds. *North American Journal of Aquaculture, 70*(2), 128-131. doi:10.1577/ao6-069.1

Bulbul, M., M.A. Kader, S. Koshio, M. Ishikawa & S. Yokoyama. (2014). Effect of replacing fishmeal with canola meal on growth and nutrient utilization in kuruma shrimp *Marsupenaeus japonicus*(Bate). *Aquaculture Research, 45*(5), 848-858. doi:10.1111/are.12026

Bureau, D. P., A. M. Harris & C. Y. Cho. (1998). The effects of purified alcohol extracts from soy products on feed intake and growth of chinook salmon and rainbow trout. *Aquaculture, 161*, 27-43.

Campana-Torres, A., L. R. Martinez-Cordova, H. Villarreal-Colmenares & R. Civera-Cerecedo. (2005). In vivo dry matter and protein digestibility of three plant-derived and four animal-derived feedstuffs and diets for juvenile Australian redclaw, *Cherax quadricarinatus*. *Aquaculture, 250*(3-4), 748-754. doi:10.1016/j.aquaculture.2005.02.058

Colza, P. M. (2016). Colza Producción Mundial 2015/2016. Retrieved from http://produccionmundialcolza.com

Cruz-Suarez, L. E., D. Ricque-Marie, M. Tapia-Salazar, I. McCallum and D. Hickling. (2001). Assessment of differently processed feed pea (*Pisum sativum*) meals and canola meal (*Brassica* sp.) in diets for blue shrimp Litopenaeus stylirostris. *Aquaculture, 196*, 87-104.

Davis, D. A. (1993). Evaluation of five carbohydrate sources for *Penaeus vannamei*. *Aquaculture, 114*, 285-292.

Ding, Z., Y. Zhang, J. Ye, Z. Du & Y. Kong. (2015). An evaluation of replacing fish meal with fermented soybean meal in the diet of *Macrobrachium nipponense:* Growth, nonspecific immunit , and resistance to *Aeromonas hydrophila*. *Fish Shellfish Immunol, 44*(1), 295-301. doi:10.1016/j.fsi.2015.02.024

Drew, M. D., T. L. Borgeson & D. L. Thiessen. (2007). A review of processing of feed ingredients to enhance diet digestibility in finfish *Animal Feed Science and Technology, 138*(2), 118-136. doi:10.1016/j.anifeedsci.2007.06.019

Du, L., & C. J. Niu. (2003). Effects of dietary substitution of soya bean meal for fish meal on consumption, growth, and metabolism of juvenile giant freshwater prawn, *Macrobrachium rosenbergii. Aquaculture Nutrition, 9*(2), 139-143.

Fontainhas-Fernandes, A., E. Gomes, M. A. Reis-Henriques & J. Coimbra. (1999). Replacement of fish meal by plant proteins in the diet of Nile tilapia: digestibility and growth performance. *Aquaculture International, 7*, 57-67.

Francis, G., H. P. S. Makkar & K. Becker. (2001). Antinutritional factors present in plant-derived alternate fish feed ingredients and their e fect in fish. *Aquaculture, 179*, 109-125.

Fuertes, J. B., J. D. Celada, J. M. Carral, M. Saez-Royuela, & A. Gonzalez-Rodriguez. (2012). Effects of dietary protein and different levels of replacement of fish meal by soybean meal in practical diets for juvenile crayfish *Pacifastacus leniusculus*, Astacidae) from the onset of exogenous feeding. *Aquaculture, 364*, 338-344. doi:10.1016/j.aquaculture.2012.08.050

Garcia-Ulloa, G. M., H. M. Lopez-Chavarin, H. Rodriguez-Gonzalez & H. Villarreal-Colmenares. (2003). Growth of redclaw crayfish *Cherax quadricarinatus* (Von Martens 1868) (Decapoda : Parastacidae) juveniles fed isoproteic diets with partial or total substitution of fish meal by soya bean meal: preliminary study. *Aquaculture Nutrition, 9*(1), 25-31.

Garza, A., D. A. Davis, D. B. Rouse, J. Ghanawi, & I. P. Saoud. (2012). Evaluation of practical diets containing various terrestrial protein sources on survival and growth parameters of redclaw crayfish *Cherax quadricarinatus*. *Aquaculture Research, 43*(1), 84-90. doi:10.1111/j.1365-2109.2011.02806.x

Glencross, B., C. G. Carter, N. Duijster, D. R. Evans, K. Dods, P. McCafferty & S.Sipsas. (2004). A comparison of the digestibility of a range of lupin and soybean protein products when fed to either Atlantic salmon (*Salmo salar*) or rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture, 237*(1-4), 333-346. doi:10.1016/j.aquaculture.2004.03.023

Glencross, B. D. (2001). Feeding lupins to fish: a review of the nutritional and biological value of lupins in aquaculture feeds. Australia: Grains Research Council of WA Project. Department of Fisheries. Research Division. Government of Western Australia.

Glencross, B. D., T. Boujard & S. J. Kaushik. (2003). Influence of oligosaccharides on the digestibility of lupin meals when fed to rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Aquaculture, 219*(1-4), 703-713. doi:10.1016/s0044-8486(02)00664-6

Gomez, M. G. U., L. A. Lopez-Aceves, J. T. Ponce-Palafox, H. Rodriguez-Gonzalez & J. L. Arredondo-Figueroa. (2008). Growth of fresh-water prawn *Macrobrachium tenellum* (Smith, 1871) juveniles fed isoproteic diets substituting fish meal by soya bean meal. *Brazilian Archives of Biology and Technology, 51*(1), 57-65.

Hardy, R., & C. Sullivan. (1983). Canola Meal in Rainbow Trout (*Salmo gairdnieri*) Production Diets'. *Can. J. Fish. Aquat. Sci., 40*, 281-286.

Hardy, R. S., C. (1983). Canola Meal in Rainbow Trout (*Salmo gairdnieri*) Production Diets'. *Can. J. Fish. Aquat. Sci., 40*, 281-286.

Higuera, M. D., M. Garcia-Gallego, A. Sanz, G. Cardenete, M. D. Suarez & F. J.Moyano. (1988). Evaluation of lupin seed meal as an alternative protein source in feeding of rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *Aquaculture, 71*, 37-50.

Hilton, J. W., & S. J. Slinger. (1986). Digestibility and Utilization of Canola Meal in Practica -Type Diets for Rainbow Trout (*Salmo gairdneri). Can.). Fish. Aquat. Sci., 43*, 1149-1155.

Jackson, A., & F. Aldon. (2012). ¿Cuánto pescado consume la Acuicultura? *Infopesca Internacional, 49*, 24-27.

Kaushik, S. J., J. P. Cravedi, J. P. Lalles, J. Sumpter, B. Fauconneau & M. Laoche. (1995). Partial or total replacement of fishmeal by soybean protein on growth, protein utilization, potential estrogenic or antigenic effects, cholesterolemia and flesh quality in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss. Aquaculture, 133*, 257-274.

Lim, C., R. M. Beames, J. G. Eales, A, F. Prendergast, J. M. Mclees, K. D. Shearer & D. A. Higgs. (1997). Nutritive values of low and high fibre canola meals for shrimp *Penaeus vannamei*). *Aquaculture Nutrition, 3*, 269-279.

Lim, C., & W. Dominy. (1990). Evaluation of soybean meal as a replacement for marine animal protein in diets for shrimp (*Penaeus vannamei*). *Aquaculture, 87*, 53-63.

McClain, W. R., & R. P. Romaire. (2009). Contribution of different food supplements to growth and production of red swamp crayfish. *Aquaculture, 294*(1-2), 93-98. doi:10.1016/j.aquaculture.2009.05.021

Molina-Poveda, C., M. Lucas & M. Jover. (2013). Evaluation of the potential of Andean lupin meal (*Lupinus mutabilis* Sweet) as an alternative to fish meal in juvenile *Litopenaeus vannamei* diets. *Aquaculture, 410-411*, 148-156. doi:10.1016/j.aquaculture.2013.06.007

Pavasovic, A., A. J. Anderson, P. B. Mather & N. A. Richardson. (2007). Effect of a variety of animal, plant and single cell-based feed ingredients on diet digestibility and digestive enzyme activity in redclaw crayfish, *Cherax quadricarinatus* (Von Martens 1868). *Aquaculture, 272*(1-4), 564-572. doi:10.1016/j.aquaculture.2007.08.027

Refstie, S., T. Storebakken & A. J. Roem. (1998). Feed consumption and conversion in Atlantic salmon (*Salmo salar*) fed diets with fish meal, extracted soybean meal or soybean meal with reduced content of olisaccharides, trypsin inhibitors, lectins and soya antigens. *Aquaculture, 162*, 301-312.

Roemer, P. (1993). *Lupinus albus* L., valuable future crop of old tradition. *Grain Legumes, 3,* 14-17.

Roy, L. A., A. Bordinhon, D. Sookying, D. A. Davis, T. W. Brown & G. N. Whitis. (2009). Demonstration of alternative feeds for the Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, reared in low salinity waters of west Alabama. *Aquaculture Research, 40*(4), 496-503. doi:10.1111/j.1365-2109.2008.02124.x

Salgado, I., & A. Tacon. (2015). Effects of different protein and carbohydrate contents on growth and survival of juveniles of southern Chilean freshwater crayfish, Samastacus spinifrons. *Latin American Journal of Aquatic research, 43*(5). doi:10.3856

Saoud, I. P., A. Garza & J. Ghanawi. (2012). A review of nutritional biology and dietary requirements of redclaw crayfish *Cherax quadricarinatus* (von Martens 1868). *Aquaculture Nutrition, 18*(4), 349-368. doi:10.1111/j.1365-2095.2011.00925.x

Sarwar, G., R. Blair, M. Friedman, M. Grumbmann, L. Hackler, P. Pellet & T. Smith. (1985). Inter and Intra variability in ratgrowth assays for estimating protein quality in foods. *J. Assoc. Off. Anal. Chem., 67*, 976-981.

Satoh, S., D. Higgs, B. Dosanjh, R. Hardy, J. Eales & G. Deacon. (1998). Effect of extrusion processing on the nutritive value of canola meal for chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) in seawater. *Aquaculture Nutrition, 4*, 115-122.

Smith, D. M., S. J. Tabrett & B. D. Glencross. (2007). Growth response of the black tiger shrimp, *Penaeus monodon* fed diets containing different lupin cultivars. *Aquaculture, 269*(1-4), 436-446. doi:10.1016/j.aquaculture.2007.05.022

Soares, C. M., C. Hayashi, A. C. de Faria & W.M. Furuya. (2001). Replacement of soybean meal protein by canola meal protein in diets for Nile tilapia *(Oreochromis niloticus*) in the growing phase. *Rev. Bras. Zootecn., 30*, 1172-1177.

Soja, P. M. (2016). Soja Producción Mundial 2015/2016. Retrieved from http://producciónmundialsoja.com

Sudaryono, A., E. Tsvetnenko & L: H. Evans. (1999). Evaluation of potential of lupin meal as an alternative to fish meal in juvenile *Penaeus monodon* diets. *Aquaculture Nutrition, 5*(4), 277-285.

Tacon, A. G. J., J. V. Haastler, P. B. Featherstone, K. Kerr & A. J. Jackson. (1983). Studies on the utilization of full fat soybean and solvent extracted soybean in a complete diet for rainbow trout. *Nippon Suisan Gakkaishi, 49*, 1437-1443.

Thiessen, D. L., G. L. Campbell & P. D. Adelizi. (2003). Digestibility and growth performance of juvenile rainbow trout *(Oncorhynchus mykiss*) fed with pea and canola products. *Aquaculture Nutrition, 9*, 67-75.

Thiessen, D. L., D. D. Maenz, R. W. Newkirk, H. L. Classen & M. Drew. (2004). Replacement of fishmeal by canola protein concentrate in diets fed to rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture Nutrition, 10*, 379-388.

Thompson, K., L. Metts, L. Muzinic, S. Dasgupta & C. Webster. (2006). Effects of feeding practical diets containing different protein levels, with or without fish meal, on growth, survival, body composition and processing traits of male and female Australian red claw crayfish *Cherax quadricarinatus*) grown in ponds. *Aquaculture Nutrition*, 227-238.

	Crude protein (g/kg)	Protein efficiency ratio	Heat-labile secondary compounds	Heat-stable secondary compounds
Fishmeal	500-720	3.1-3.7		
Soybean meal	480	1.60	Trypsin inhibitor, lectins	Saponins, non-starch polysaccharides, phytate, phytoestrogens, protein antigens
Canola/rapeseed meal	380	3.29	Myrosinase	Glucosinolates, phytate, tannins, sinapine, fibre, phenolic compounds
Peas	230	1.56	Protease inhibitors, lectins, cyanogens	Saponins, starch, phytic acid, protein antigens.
Lupins	350	2.32		Non-starch polysaccharides, saponins, protein antigens, phytoestrogens
Flax	260	2.88	Cyanogenics glycosides, linatine	Mucilage and non-starch polysaccharides

Table 1. Nutritional properties of fishmeal and vegetable proteins commonly used in aquaculture diets

Taken from Drew et al., 2007

Ingredient	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Soybean	223.411	264.914	261.596	241.580	278.092	318. 8	319.01
Rapeseed	62.594	60.091	62.731	64.627	72.844	72.12	67.72
Lupin	0.883	1.032	1.107	1.29	0.785	n.i.	n.i.
Total	286.888	326.037	325.434	307.497	351.721	390.92	386.73

Table 2. Global production of soybean, rapeseed and lupin 2009 - 2015 (millions of tonnes)

Source: FAOSTAT, 2016

Compiled by the author

Type of product	Trout[a]	Nile tilapia[b]	Australian yellowtail[c]
Lupin meal			
-Crude protein	0.97	0.90	0.97
-Dry matter	0.65	0.72	0.52
-Energy	0.71	0.72	0.51
Lupin meal without husks			
-Crude protein	n.i.	n.i.	1.00
-Dry matter	n.i.	n.i.	0.70
-Energy	n.i.	n.i.	0.70
Lupin protein concentrate			
-Crude protein	1.01	n.i.	0.95
-Dry matter	0.77	n.i.	0.81
-Energy	0.87	n.i.	0.81

a Glencross et al., 2004

b Fontainhas-Fernandes et al., 1999

c Booth et al., 2001

Table 3. Digestibility of different forms of lupin meal in three fish specie

Taken from Drew et al., 2007

Ingredient	Soybean diet	Rapeseed diet	Lupin diet	Fish meal diet (control)*
Soybean meal	50.0	0	0	0
Rapeseed meal	0	71.0	0	0
Lupin meal	0	0	81.0	2.1
Fish meal	0	0	0	23.0
Blood meal	0	0	0	14.0
Lupin fibr	0	0	0	36.0
Carrot meal	5.0	5.0	5.0	5.0
Wheat meal	2.6	2.6	2.6	2.6
Kelp meal	4.0	4.0	4.0	4.0
Sunflower oi	3.5	3.5	3.5	0
Fish oil	0	0	0	4.7
Vitamins and minerals	1.5	1.5	1.5	1.5
Inert material	33.4	12.4	2.4	7.1
Protein	29.17	30.07	30.83	30.5
Ether extract	5.95	6.52	7.49	9.5
Nitrogen-free extract	17.95	33.11	36.70	22.2
Fibre	1.72	4.17	5.51	19.8
Ash	35.54	16.73	8.80	14.2
Moisture	10.45	9.42	10.86	3.8

*(Salgado and Tacon, 2015)

Table 4. Ingredient and nutritional composition of the experimental diets and the control diet (%)

Variable	Diets			
	Rapeseed	**Lupin**	**Soybean**	**Control**
Individual weight gain (%)	**13.98±9.22**	**12.38±3.05**	**20.46±13.21**	**35.89±0.73**
SGR (%)	**0.13±0.08**	**0.12±0.03**	**0.18±0.10**	**0.31±0.00**
Biomass increase (%)	**22.84±2.35**	**25.00±1.2**	**35.54±7.38**	**33.38±8.97**
Survival (%)	**75[a]±7.07**	**37.5[b]±3.54**	**32.5[b,c]±3.54**	**17.5[c]±3.54**
Conversion factor	**4.09±0.88**	**2.95±0.19**	**1.75±0.39**	**2.36±0.8**
Protein efficiency rati	**0.85±0.18**	**1.16±0.08**	**1.99±0.45**	**1.45±0.48**

Table 5. Production variables in S. spinifrons juveniles, according to diets

SOBRE OS ORGANIZADORES

RAISSA RACHEL SALUSTRIANO DA SILVA-MATOS: Graduada em Ciências Biológicas pela Universidade de Pernambuco - UPE (2009), Mestre em Agronomia - Solos e Nutrição de Plantas pela Universidade Federal do Piauí - UFPI (2012), com bolsa do CNPq. Doutora em Agronomia pela Universidade Federal da Paraíba - UFPB (2016), com bolsa da CAPES. Atualmente é professora adjunta do curso de Agronomia do Centro de Ciências (CCCh) da Universidade Federal do Maranhão (UFMA). Tem experiência na área de Agronomia, com ênfase em fitotecnia, fisiol gia das plantas cultivadas, propagação vegetal, manejo de culturas, nutrição mineral de plantas, adubação, atuando principalmente com fruticultura e floricultura

FERNANDO FREITAS PINTO JÚNIOR - Graduando em Agronomia pela Universidade Federal do Maranhão (UFMA). Técnico em Edificações pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão (IFMA). Membro do Grupo Pesquisa em Fruticultura do Maranhão (FRUTIMA) e do Grupo de Estudo e Pesquisa em Bioinsumos no Maranhão (BIOIMA). Tem conhecimento e experiencia nas áreas de construção rural, forragicultura, fruticultura e propagação vegetal. Desenvolve pesquisas na área de Agronomia com ênfase em fitotecnia, propagação vegetal, produção e manejo de espécies vegetais, horticultura, fruticultura, proteção de plantas e promoção de crescimento vegetal com a utilização de bioinsumos. Lattes: http://lattes.cnpq.br/2110652316121025.

JONATHAS ARAÚJO LOPES: Bacharel em Engenharia Agronômica pela Universidade Estadual do Piauí, campus Professor Alexandre Alves de Oliveira (Parnaíba-PI). Atualmente atuo como Residente no Curso de Especialização em Residência Profissional Agrícola, da Universidade Federal do Maranhão (UFMA). E-mail para contato: jonathaslopes326@gmail.com; Lattes: http://lattes.cnpq.br/5158049999484737

ÍNDICE REMISSIVO

A

J

L

M

N

P

Q

R

S

T

V

www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br
@atenaeditora
www.facebook.com/atenaeditora.com.br

Investigación, tecnología e innovación EN CIENCIAS AGRÍCOLAS 4

Ano 2022

www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br
@atenaeditora
www.facebook.com/atenaeditora.com.br

Investigación, tecnología e innovación
EN CIENCIAS AGRÍCOLAS
4

Ano 2022